

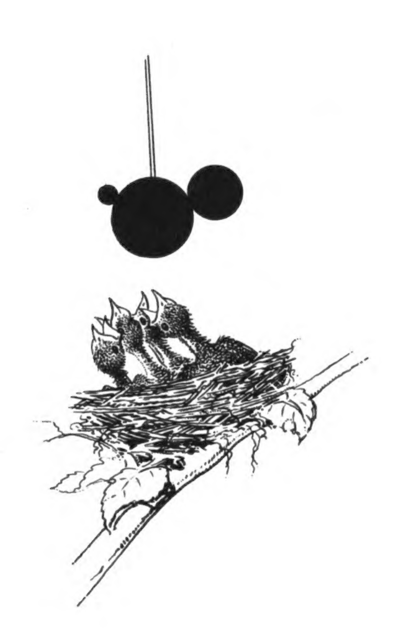
Н. ТИНБЕРГЕН

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ


ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИР

ANIMAL BEHAVIOUR

by NIKO TINBERGEN



TIME-LIFE INTERNATIONAL
(NEDERLAND)

Н. ТИНБЕРГЕН

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

Перевод с английского
О Орлова и Е. Панова

Предисловие канд. биол. наук
К. Э. Фабри

Издательство «Мир»
Москва 1978

591.51
Т 42

Тинберген Н.

Т 42 Поведение животных. Пер. с англ. О. Орлова и Е. Панова. Предисл. К. Э. Фабри. М., «Мир», 1978.
192 с. с ил.

Дополненное и переработанное издание книги крупнейшего зоолога, лауреата Нобелевской премии Нико Тинбергена. В ней дается краткий очерк развития науки о поведении животных, освещаются основные биологические закономерности и механизмы поведения, рассказывается об эволюции и приспособительном значении поведения.

Книга выходит в серии большеформатных красочных книг о природе, в которой на протяжении 1971—1976 гг. выходили «Популярная экология», «В мире растений», «Птицы», «Млекопитающие» и др. Великолепный иллюстративный материал, простая манера изложения делают книгу доступной самому широкому кругу читателей.

21008—171
Т————171—78
041(01)—78 **591.51**

Редакция научно-популярной и научно-фантастической литературы

© Перевод на русский язык, «Мир», 1978

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вниманию читателя книга Нико Тинбергена, одного из основоположников этологии, науки о биологических основах и закономерностях поведения животных, уже издавалась в сокращенном варианте на русском языке в 1969 году. Тот факт, что теперь выходит новое издание, — безусловное свидетельство больших достоинств книги и популярности ее автора в Советском Союзе. Свидетельствует это и о все растущем интересе широких читательских кругов к вопросам поведения животных.

И действительно, проблема поведения животных, бесспорно, самый интересный аспект в изучении жизни животных. Но вместе с тем это и наиболее труднодоступная область научного познания. Поведение животных и поныне полно загадок, на которые нелегко дать четкий научно обоснованный ответ.

Взять, к примеру, такую проблему — способность животных к общению с человеком. Постижение языка животных — это древняя, как само человечество, мечта, мечта о ключе к познанию природы. Сегодня ученые решают проблему не путем гадания и произвольных толкований, как некогда, а постановкой научных экспериментов с применением электронной вычислительной техники. В последние годы ставились чрезвычайно интересные опыты с шимпанзе, позволившие наладить своего рода «переговоры» между экспериментатором и обезьяной на уровне искусственных оптических «языков» — с помощью жестов или геометрических фигур. Однако сущность проблемы общения остается для ученых по-прежнему неясной.

Проблемы, над которыми работают исследователи поведения животных, представляют не только «общеобразовательный», но и практический интерес. В наибольшей мере это относится к сельскохозяйственной практике и примыкающим отраслям народного хозяйства: животноводству, защите растений, охотничьему хозяйству, рыболовству и рыбоводству, одомашниванию диких животных. Особое значение познание поведения животных приобретает для решения одной из самых важных и безотлагательных задач, стоящих перед человечеством, — проблемы защиты окружающей среды. Многие животные изменением своего поведения четко реагируют на начальные стадии опасного для организма загрязнения среды, которые нам трудно, а подчас и невозможно улавливать при помощи аппаратуры. Знание и своевременный учет таких изменений позволяют заблаговременно принять необходимые меры. Аналогичным образом животные оповещают нас о предстоящих метеорологических изменениях и природных катастрофах.

Не менее актуальный вопрос, также непосредственно связанный с изменениями среды, — это урбанизация диких животных. Глубокие преобразования природы, осуществляемые человеком, лишают многих диких животных необходимых условий существования. Для таких животных, прежде всего птиц и млекопитающих, остается лишь одно спасение от вымирания — сближение с человеком, поселение в культурном ландшафте, в населенных пунктах, даже в больших городах. Решается же эта труднейшая для животных задача за счет серьезных изменений в их поведении, и в частности в их отношении к человеку. Быстрые изменения видового поведения диких животных, проявляющиеся в его приспособлении к наступающей на животных цивилизации, являются результатом научно-технической революции, и их изучение имеет большое практическое значение.

И тут нельзя не упомянуть о двух сферах деятельности человека, играющих первостепенную роль в его жизни, — медицине и педагогике. Дело в том, что на животных можно в известной степени моделировать некоторые элементы как нормального, так и патологически измененного поведения человека. К тому же на животных можно смело экспериментировать, что, конечно, совершенно недопустимо с людьми. Такие исследования особенно важны в изучении нервных и психических заболеваний и выработке эффективных мер борьбы с ними. Наблюдения и эксперименты над животными приобретают все большее значение для выявления закономерностей развития поведения человека с момента его рождения до взрослого состояния. Не зная этих закономерностей, нельзя совершенствовать систему воспитания и обучения детей, особенно в наше время, когда на ребенка «обрушивается» все усиливающийся поток информации.

Но насколько возможно и правомерно переносить на человека данные о поведении животных? Вопрос этот не всегда должным образом учитывают исследователи поведения животных. Ведь одно дело — осторожно и с необходимыми поправками выявлять общие для человека и животных элементы поведения, унаследованные человеком от своих далеких предков. И совсем другое — стирать всякую грань между животными и человеком и объявлять, что все человеческое поведение подчиняется биологическим закономерностям и что принципиальной разницы между поведением высших животных и людей нет. При этом игнорируется то решающее обстоятельство, что в отличие от любого животного вся сущность человеческого поведения определяется социально-историческими факторами и является продуктом развития общественно-трудовых отношений людей.

Некоторые ошибки подобного рода встречаются и на страницах этой книги, когда автор говорит о проявлениях у животных «альтруизма» или «агрессивности». Но эти компоненты поведения животных не имеют в своей сущности ничего общего со сравниваемыми категориями поведения человека, его нормами морали, нравственности или с проявлениями агрессивности среди людей. Обеспечение мирного будущего человечества, чем озабочен автор, зависит не от управления биологическими факторами поведения, а от борьбы с реакционными силами, носителями социально обусловленной агрессивности в человеческом обществе.

Несколько слов об авторе. Нико (Николаас) Тинберген родился в 1907 году в Гааге. Еще студентом Лейденского университета он увлекся изучением поведения птиц, так и оставшихся основным объектом его научных исследований. Особенно велики заслуги ученого в исследовании инстинктивного поведения, в познании закономерностей взаимоотношений между животными, в исследовании механизмов стайного и родительского поведения, а также в изучении других, не менее сложных проблем поведения животных.

Там же, в Лейденском университете, Тинберген начал свою научную деятельность. В годы гитлеровской оккупации он принимал участие в выступлениях преподавателей университета против действий фашистских властей, за что в сентябре 1942 года вместе с группой ведущих профессоров был заключен в концентрационный лагерь. Только освобождение Голландии в 1945 году принесло Тинбергену свободу и возможность вернуться к научной деятельности. Позже он возглавил этологические исследования в Оксфордском университете. За свои труды Н. Тинберген удостоен многих почестей, а в 1973 году совместно с К. Лоренцем и К. Фришем получил Нобелевскую премию.

В предлагаемой книге читатель не найдет «всего о поведении». Это невозможно уже из-за ее ограниченного объема. Но основные достижения и концепции этологии описаны Тинбергеном достаточно четко и обстоятельно, с тем виртуозным мастерством общедоступного изложения, которое ставит автора в число лучших ученых-популяризаторов. Книги Н. Тинбергена ценны не только для людей, интересующихся миром животных, но и для специалистов самого разного профиля, соприкасающихся в своей деятельности с такой большой и важной проблемой, как поведение животных.

К. Фабри



Сеть этого паука-кругопряда — одна из самых совершенных среди сотен типов сетей, сооружаемых пауками. Она состоит из сложной кольцевой системы с центральным зигзагом, служащим, как полагают, для дополнительной прочности. Строительство сети представляет собой смесь врожденных реакций паука и приспособления к конкретным условиям.

1

Наука в колыбели

Огромному большинству людей, где бы они ни жили и чем бы ни занимались, приходится иметь дело с животными. Охотник должен знать повадки намеченной жертвы; фермер — особенности поведения своего скота и вредителей, наносящих ущерб его урожаям; рыбак — где, когда и как ловится рыба. Даже житель современного города так или иначе соприкасается с животными, будь то борьба с тараканами на кухне или общение и уход за домашними любимцами — собакой, кошкой, птицей. Во всем мире — и среди примитивных племен, и в самом цивилизованном обществе — встречаются люди, которым доставляет удовольствие наблюдать за животными. Все больше людей начинает понимать, что постоянное общение с животными подобно совместному путешествию: нас радует, что мы окружены живыми существами, которые, как и мы сами, глубоко поглощены своими жизненными проблемами. Это доставляет нам не только радость, но и растущее понимание родства с ними.

Однако человек склонен не только наблюдать. Он стремится познать мир, в котором живет. Он хочет точно знать, что происходит, и хочет понимать причины происходящего. Человеческая любознательность лежит в основе научного исследования, поэтому желание понять поведение животных неизбежно должно было привести к его изучению.

Эта область науки, переживающая пока младенческий период, занята не просто описанием отдельных интересных эпизодов из жизни животных. Цель ее состоит в том, чтобы возможно точнее выяснить, что́ «движет» животными, почему они ведут себя так, а не иначе. Я затратил бо́льшую часть своей жизни на решение этой задачи, соприкасаясь с животными в естественной обстановке и в лаборатории, наблюдая за ними и изучая их поведение в самых разнообразных условиях. За прошедшие 30 лет мы стали заметно лучше

ОСНОВОПОЛОЖНИКИ НАУКИ О ПОВЕДЕНИИ ЖИВОТНЫХ



ЧАРЛЗ ДАРВИН (1809—1882)

До того как Дарвин предположил, что поведение животных наряду со строением играет важную роль в их приспособлении к условиям жизни, большинство естествоиспытателей подходило к объяснению поведения животных с человеческими мерками либо вообще его игнорировало. Но после появления работ Дарвина о поведении животных и человека, намного опередивших время, был проложен путь строго научным, объективным методам исследования — наблюдениям и экспериментам.



ЖАН-АНРИ ФАБР (1823—1915)

Фабр был одним из первых, кто стал наблюдать за животными в их естественной обстановке, и первым, кто оставил точное и упорядоченное изложение своих наблюдений. Он посвятил 40 лет наблюдениям над пчелами и осами в своем саду во Франции и поразил мир описанием того, насколько сложно поведение насекомых.

понимать поведение животных. Но я отчетливо сознаю, что наука, изучающая поведение животных, должна пройти еще очень долгий путь. Я сам всего лишь один из тысячи биологов — психологов, зоологов, физиологов, экологов и генетиков, — совместно создающих новую науку. На большинство стоящих перед нами вопросов пока еще нет ответа. Хуже того, мы не всегда уверены, что правильно ставим вопросы и применяем правильные методы их решения. Едва ли не на ощупь мы находим подчас направление своих решений. Но эти ранние стадии научного поиска приносят большое удовлетворение. Они увлекают нас, и я твердо верю, что многие из моих собратьев проявят желание и действительное стремление присоединиться к этому интересному занятию. Быть может, именно поэтому, не ограничиваясь изложением фактического материала, я старался подчеркнуть направления научной мысли и методы подхода, применяемые биологами в попытках понять поведение животных.

С чего же начать? Пожалуй, с вопроса: что такое поведение животного? Что мы подразумеваем под этим? Прямого и простого ответа нет. Грубо говоря, поведение — это движения животных. Но не только бег, плавание, ползание и другие виды перемещений. В поведение следует включить и те движения, которые производят животные, когда они едят, спариваются и даже дышат. Но и это не все: едва заметные движения частей тела, чтобы, например, навострить уши или издать звук, тоже входят в понятие поведения. А у многих животных есть нечто похожее на нашу способность краснеть от стыда: они изменяют свою окраску, прячась от хищников или возбуждаясь, когда нападают на соперника или ухаживают за самкой. Наконец, поведение может включать и неподвижность животного, когда оно пристально смотрит, а возможно, и «размышляет», внутренне совершая что-то, что повлияет на его последующее движение. В целом мы склонны называть поведением самые разнообразные движения или их изменения, в том числе и полную неподвижность — короче говоря, все внешние характеристики движения.

Но по мере того, как мы углубляемся в исследование, казалось бы, простых и доступных непосредственному наблюдению явлений и все более представляем себе те внутренние механизмы, которые стоят за поведением животного, само это понятие становится все более расплывчатым и нечетким.

Разнообразие поведения животных не уступает разнообразию их форм, размеров и окрасок, для описания и классификации которых потребовалась работа поколений зоологов. Двух видов животных, которые вели бы себя одинаково, не сущест-

вует. Зарянку можно узнать по пению, по способу питания, по тому, как она строит гнездо, а также по тем позам, которые она принимает в случае опасности или во время брачных игр. С другой стороны, у животных одного и того же вида удивительно много разных типов поведения. Чайки кормятся, ныряя в воду за рыбой, или убивая больную птицу, или расхаживая по пашне в поисках червей, или даже хватая насекомых на лету.

И все-таки репертуар поведения животных ограничен: чайка ловит птицу не так, как сокол, а зарянка не может свить гнездо так, как это делает птица-печник. Хотя обширный инвентарь разнообразных повадок животных описан еще очень бегло, а поведение большинства животных изучено неполно, известно все же достаточно, чтобы поставить ряд вопросов. И этот естественный переход от описания к объяснению все больше увлекает исследователей в глубь интересующего нас предмета.

Следующий вопрос, который обычно ставит исследователь, — почему животное ведет себя именно так, а не иначе? Кажется, что вопрос прост и достаточно ясен, но в действительности здесь содержатся два разных вопроса, и оба, как мы увидим, важны для биолога.

Давайте понаблюдаем, как ест собака. Почему она ест? Какова польза от этих действий животного? Один ответ, безусловно, таков: она ест, чтобы остаться в живых. Это одна из сторон поведения — и достаточно важная, — с которой мы встретимся еще не раз: в поведении очень многое полезно для выживания. Все это вполне очевидно, когда речь идет о питании, но в какой мере другие формы поведения способствуют выживанию — это еще нужно детально исследовать.

Однако в поставленном вопросе — почему собака ест? — подразумевается и второй: что побуждает ее есть? Здесь речь идет уже не о результатах поведения, а о его причинах. Теперь мы должны постараться выяснить, была ли собака голодна, возбуждал ли ее вид и запах пищи, знала ли она прежде, где и когда можно найти еду.

Изучение роли поведения в выживании проходит в настоящее время интересную фазу. Более столетия назад Чарлз Дарвин потряс мир своей теорией эволюции путем естественного отбора, согласно которой замечательная приспособленность к условиям жизни у животных и растений возникла не внезапно, а является результатом длительного процесса развития. Существующие ныне организмы стали такими благодаря непрерывному отбору наиболее приспособленных особей, что позволило им превзойти числом менее приспособленных. Естественно, что с появлением этой теории возник новый вопрос: действительно ли для



ЛЛОЙД МОРГАН (1852—1936)

Хотя Морган работал спустя 50 лет после Дарвина, ученые его времени все еще пытались интерпретировать поведение животных в терминах человеческих поступков и переживаний. Морган положил конец такому подходу, показав, что в основе действий животных часто лежат более простые психические процессы и что простейшее объяснение может быть наиболее правильным.



ИВАН ПЕТРОВИЧ ПАВЛОВ (1849—1936)

Стихия Павлова — это лабораторная работа и контролируемый эксперимент. В серии классических опытов он заставил собаку выделять слюну, сочетая искусственный стимул, например звонок, с кормлением. Вскоре подопытные собаки выделяли слюну в ожидании пищи при всяком включении звонка. Так родилась составившая эпоху концепция условного рефлекса.

животного полезны все его особенности, даже те, которые на первый взгляд выглядят случайными и необъяснимыми? Это привело к тому, что ученые сосредоточили свое внимание на обнаружении и описании примеров удивительной приспособленности структур и форм поведения.

Особенно поразительные открытия были сделаны в последарвиновский период. Взять хотя бы пример с юкковой молью. Самка юкковой моли — одна из немногих бабочек, у которых есть яйцеклад. Этой крошечной, острой, как игла, трубочкой бабочка прокалывает завязь цветка юкки, чтобы отложить туда яички. При этом она невольно собирает пыльцу и опыляет рыльце цветка, обеспечивая тем самым своих личинок семенами для их питания в период развития. Растению не наносится особого вреда, так как семян развивается значительно больше, чем поедают личинки. Такое симбиотическое взаимодействие обеспечивает выживание и растения, и насекомого, тогда как друг без друга они обречены на гибель.

Этот пример специфического поведения насекомого, не менее поразительного, чем сама взаимосвязь двух видов, служит также иллюстрацией тупика, в который заходили в последарвиновский период столь нужные и важные исследования. Некоторые ученые так настойчиво и некритично твердили о безусловной приспособительной ценности решительно всех органов, характеров раскраски и форм поведения, что постепенно дискредитировали это направление исследования в целом. Так, утверждая, что нежная окраска розовой колпицы служит ей для маскировки при восходе и закате солнца, никто даже не пытался выяснить, не демаскирует ли она птицу в другое время. Прошло немало лет, прежде чем более трезвый подход и более тщательные, в том числе экспериментальные методы стали наконец привлекать к этой области исследования новых приверженцев, что повлекло за собой открытия, которые все глубже вводят нас в изучаемый предмет.

Существует такая маленькая рыбка — колюшка. Самец колюшки обычно строит гнездо в виде трубки, а потом, заставив одну или несколько самок отложить в него икру, охраняет его и при этом ведет себя любопытнейшим образом: то плавает вокруг гнезда, то как бы обмахивает его — подплывает к гнезду, затем ныряет, поворачивается к нему головой и, оставаясь на одном месте около 30 секунд, быстро и ритмично двигает плавниками, направляя в гнездо воду. Почему колюшка проделывает все это? Несколько несложных экспериментов дают до смешного простой ответ: рыбка действительно обмахивает гнездо, она вентилирует икру —снабжает ее аэрированной водой. Если самца удалить, икра погибнет. Погибнет она и в том случае, если самца оставить, но вход в гнездо загородить часовым стеклом. Если же мы отсадим самца, но будем регулярно через стеклянную трубочку направлять прямо в гнездо свежую аэрированную воду, икринки выживут.

Исследование функционального значения поведения животных похоже на увлекательное путешествие первооткрывателя: на каждом шагу сталкиваешься с загадками. К разрешению возникающей проблемы можно подходить двумя путями. Во-первых, попытаться выяснить, какова польза от того или иного действия животного. Во-вторых, обратить внимание на поведение животного в конкретных условиях (например, когда оно подвергается нападению хищника), чтобы узнать, как организм справляется с определенным воздействием внешней среды.

Обычно используются оба подхода. Исследователь начинает изучение с простого наблюдения и на этой основе пытается сформулировать предположение о наиболее вероятном значении той или иной формы поведения животных. В примере с колюшкой мы предположили, что рыбки обмахивают гнездо, чтобы провентилировать икру. Зная, что развивающиеся икринки нуждаются в кислороде, мы приняли свою догадку в качестве гипотезы, которую проверили несколькими экспериментами.

Затем мы поставили вопрос: действительно ли обмахивание приводило к необходимому результату? Как и следовало ожидать, по мере развития икринок потребление кислорода возрастает и интенсивность обмахивания увеличивается. Выяснилось, что примерно в середине этого периода самец делает несколько дополнительных отверстий в крышке гнезда. Кроме того, для успешной вентиляции существенна и правильная ориентация рыбки у входа в гнездо.

Обыкновенные чайки, гнездящиеся большими колониями в дюнах на морском берегу, подобно многим другим птицам, уносят прочь яичную скорлупу, как только из яйца вылупится птенец. Зачем они это делают? Рассматривая самые разные причины, мы пришли к наиболее правдоподобному выводу, что делается это для маскировки: бросающаяся в глаза белая внутренняя поверхность скорлупы, лежащей рядом с птенцом, сигнализирует хищнику о присутствии добычи. Чтобы проверить эту гипотезу, мы для начала познакомились с поведением ворон, поскольку это основные враги птенцов обыкновенных чаек. Гнезда, около которых в пределах 20 сантиметров лежали скорлупки, привлекали внимание ворон и гораздо чаще подвергались их нападению. Установление этого факта придало некоторую реальность нашей гипотезе и заставило нас продолжить исследова-

ние способов защиты чаек от хищников. И тут мы сделали неожиданные открытия. Например, нашли определенный смысл в том, что все чайки откладывают яйца приблизительно одновременно. Это имеет прямое отношение к выживанию выводка: более ранние и более поздние выводки чаще обычного подвергаются нападению хищников.

Повадка гнездиться тесными колониями тоже уменьшает потери от хищников. Если выложить яйца чаек в линию от центра колонии до ее края, то видно, что крайние пропадают чаще тех, что лежат в центре, где чайки наиболее дружно атакуют и прогоняют любого хищника, пытающегося украсть яйца. Мы также установили, что, когда чайки не гнездятся, они обычно проводят ночи на широком открытом берегу, что успешно защищает их от нападения лисиц. Среди дюн, где больше возможностей для внезапного нападения, чайки гораздо чаще становятся жертвами этих хищников. На открытом же берегу лисицам сопутствует удача только в особенно темные ночи.

Так, в результате систематического наблюдения, а где можно — и с помощью эксперимента, позволяющего оценить пользу отдельных поступков, исследователь постепенно постигает сложную систему поведения животного. Ему становится все более очевидно, что поведение является существенной частью арсенала средств животного в борьбе за выживание. И хотя мы всего лишь не более чем «поскребли с поверхности», нашему взгляду постепенно приоткрывается удивительная картина.

Поразительно эффективны уже сами по себе движения животного. Каракатица, например, пользуется чрезвычайно интересным способом, чтобы свести на нет защитные приспособления креветки. Неторопливо плывя в нескольких сантиметрах от песчаного дна, она регулярно выпускает из своей воронки, нацеленной вниз и немного вперед, слабую струю воды, которая сдувает верхний слой песка. Креветок великолепно маскирует их покровительственная окраска, и, кроме того, они скрываются под тонким слоем песка, который наметают себе на спину движением усиков. Когда хищнице удается обнажить жертву, сдув с нее защитный слой песка, креветка вновь быстро покрывает себя песком. В этом ее ошибка. Каракатица могла бы не заметить креветку, если бы та оставалась неподвижной. Но, увидев движение креветки. хищник немедленно выбрасывает пару щупалец с присосками на концах и хватает добычу.

Не только движения сами по себе, но также их последовательность, направленность и согласованность приспособлены для выполнения определенных функций. Примечательно, что каракатица «сдувает» песок лишь тогда, когда охотится за креветками. Поэтому, чтобы добиться успеха, она должна нацеливать водяную струю на песчаное дно впереди себя. плыть особым образом — не спеша, и быть готовой поразить креветку, как только заметит ее движение. Это может казаться трюизмом, но, если вдуматься, просто поразительно, что она способна все это делать!

Итак, если мы хотим понять, как поведение содействует успешному осуществлению определенной биологической функции, то должны установить, насколько оно эффективно, то есть понять, что получилось бы, если бы животное вело себя по-другому, а также выявить причину возможных осечек в поведении. Однако об этом речь пойдет дальше.

Поиски причин, лежащих в основе поведения, приводят нас к не менее замечательным открытиям, хотя и совершенно иного рода. Давно известно, например, что поведение, грубо говоря, является следствием мышечной деятельности и что мышцы в целом не сокращаются без нервной стимуляции. Механизм работы мышц и нервов — предмет изучения физиологов, и многое в этом направлении уже известно. Поведение животного редко определяется работой одной изолированной мышцы. Наоборот, даже простейшие формы поведения, например передвижение, определяются согласованным сокращением и расслаблением многих мышц. Поведение почти всегда представляет собой симфонию мышечных сокращений и сигналов центральной нервной системы, соответствующим образом организованных, и именно эту организацию нам следует понять.

Но и центральная нервная система в свою очередь действует не вполне самостоятельно, так как все время подвергается воздействию со стороны других источников стимуляции. Что это за источники? Прежде всего органы чувств — уши, глаза, нос и т. д., — доставляющие животному информацию о внешнем мире. Поэтому деятельность органов чувств — сенсорные процессы — тоже подлежит нашему изучению. Но поведение животного отчасти контролируется и «изнутри». Голодное животное тянется к еде, а животное, в котором проснулось половое стремление, отправляется на поиски брачного партнера. Мы должны знать, каковы те внутренние процессы, которые вызывают голод или стимулируют половое стремление. И наконец, надо учитывать, что внешний стимул и внутренние условия взаимодействуют — например, голодное животное реагирует на пищу, а сытое отказывается от нее. Большинство животных, зимой безразлично от-

носятся к особям противоположного пола, которые столь привлекательны для них весной, в период размножения.

В изучении причин поведения животного есть две основные трудности, и пока они не поняты, исследование не может быть успешным. Первая трудность касается субъективных переживаний животного: чувствует ли оно что-либо подобное тому, что чувствуем мы, когда рассержены, грустны или восхищены? Биолог этого просто не знает, не может знать, поэтому не вправе утверждать что-либо по этому поводу. Придерживаясь строгой, последовательно научной линии, он не может говорить, что животное нападает, «потому что рассержено», или отступает, «потому что испугано». Причину того, что мы могли бы интерпретировать, например, как гнев, он должен формулировать на основании анализа физиологических процессов, происходящих в организме животного и поддающихся точному изучению. Короче говоря, его интересуют механизмы поведения.

Второй возможный источник путаницы — смешение двух значений слов «потому что». Например, мы склонны говорить, что животное ест, потому что нуждается в пище, птица вьет гнездо, потому что нуждается в укрытии для яиц. Во избежание двусмысленности термин «потому что» должен применяться биологами строго определенным образом, только в отношении к действительным причинам — событиям, которые предшествуют тем или иным формам поведения и относительно которых можно совершенно твердо сказать, что они управляют поведением.

Путаница возникает еще и потому, что сами мы можем каким-то все еще непонятным науке образом «думать вперед»: до того, как что-либо совершим, мы представляем себе, что из этого получится, то есть возможный будущий результат нашего поступка контролирует наше поведение. И хотя животные постоянно совершают такие действия (постройка гнезда, кормление детенышей, запасание корма), польза которых проявится гораздо позднее, все же маловероятно, чтобы в момент выполнения этих действий имелись в виду какие-нибудь далекие цели. Часто животные обнаруживают удивительную неприспособленность к необычным для них условиям, и тогда поведение дает осечку. Если птенец случайно выпал из гнезда и начинает замерзать, он уже не открывает рта для приема корма, который приносит кто-нибудь из родителей, и погибает, таким образом, просто потому, что родители не могут справиться с неожиданным поворотом событий: они согревают птенцов, которые находятся в гнезде, и кормят только тех из них, которые раскрывают рты. В отличие от нас животные гораздо более жестко реагируют на стимулы данного момента. И хотя



КАК КАРАКАТИЦА ЛОВИТ КРЕВЕТКУ

Каракатица демонстрирует блестящие способности к целенаправленной координации действий при добывании пищи, способности, существующие даже у таких весьма примитивных организмов. Креветки, представляющие один из видов добычи каракатицы, скрываются в песке на дне океана. Проплывающая мимо каракатица осторожно сдувает песок струей воды и иногда случайно обнажает креветку (вверху). Если бы креветка сохраняла неподвижность, то осталась бы незамеченной, но она поспешно начинает снова засыпать себя песком, и это движение привлекает внимание каракатицы, которая хватает добычу своими щупальцами (внизу).



справедливо будет сказать, что далекая цель выкармливания детенышей состоит в том, чтобы их вырастить, непосредственные причины кормления заключаются в тех стимулах — внешних и внутренних, без которых этот результат не может быть достигнут. И мы не обнаружили бы этих причин, если бы приписали животным способность мысленно, подобно человеку, планировать свое поведение, согласуя его с далекими целями.

Поиски причин — занятие, не имеющее конца. У каждой причины есть своя причина, и нам приходится изучать все более и более отдаленные моменты в прошлом. И тут мы обнаруживаем, что жизнь животного во многом циклична: та или иная форма поведения нередко повторяется. Периоды кормежки чередуются с периодами, когда животное, сначала сытое, постепенно снова становится голодным. Другие циклы занимают больше времени; так, большинство животных размножается лишь раз в году. Следуя в этом направлении, мы подойдем к изучению начального периода жизни животного, когда оно еще только растет и развивается. В этот период параллельно с развитием животного и изменениями его строения развивается и меняется его поведение, что позднее сказывается на поведении взрослой особи. Чтобы понять, что заставляет животное вести себя определенным образом, мало просто изучить непосредственные причины повторяющихся циклов в поведении взрослого животного; нужно понять, как этот полностью приспособленный цикличный механизм стал тем, чем он является теперь. Хотя изучение механизмов поведения взрослого организма неизбежно переплетается с изучением его развития — особенно для тех животных, которые, подобно человеку, продолжают развиваться и во взрослом состоянии, — тем не менее удобно разделить эти две проблемы, и вопросы развития поведения мы рассмотрим в 6-й главе.

Однако и вся жизнь животного — это лишь один из циклов в серии событий, занимающих несравненно более длительное время. Бесчисленные поколения сменили друг друга, прежде чем возникли известные нам современные виды, поведение которых отличается от поведения их предков. Это порождает еще один важный для нас вопрос: мы должны выяснить, как в ходе эволюции изменялись животные и их поведение, как виды стали не похожими друг на друга, а их поведение — более совершенным. Здесь наша задача коренным образом отличается от того, с чем сталкивается большинство биологов, работающих в других областях знаний. Можно сколько угодно наблюдать поведение современных животных и исследовать его развитие. Но наблюдать поведение вымерших животных невозможно; в этом смысле мы находимся в положении историка, не располагающего документами о минувших событиях. Однако, как мы увидим, есть косвенные способы исследования жизни животных в прошлом. Кроме того, можно изучать эволюционные процессы на современных животных и, предположив, что законы эволюции неизменны, применить полученные данные к тому, что происходило раньше.

Изучение причин поведения животных имеет, следовательно, три самостоятельные задачи: надо понять, как функционирует механизм поведения, как он развивается в течение жизни особи и как он формировался в ходе эволюции. Все эти задачи стоят на пути к разрешению. И все же тысячи опытных исследователей, тратя всю свою энергию и время и добиваясь неплохих результатов, постоянно обнаруживают, сколь многое еще не известно. Чем больше мы узнаем, тем больше возникает вопросов, требующих новых наблюдений для своего разрешения. Поэтому важной частью исследования является прямое наблюдение и подробное описание фактов.

К счастью, нам не нужно больше полагаться только на то, что можно непосредственно увидеть и услышать. В нашем распоряжении теперь фотоаппараты и кинокамеры, дающие возможность производить ускоренную и замедленную съемку; звук можно не только услышать, но и записать на магнитную пленку, чтобы прослушивать его снова и снова и даже проанализировать на звукоспектрографе. У нас в руках сложные и совершенные аппараты, определяющие ничтожные количества гормонов; электроды диаметром несколько микрон, которые позволяют проникнуть в живой мозг; вычислительные машины, выполняющие громоздкие расчеты и освобождающие время для нашей непосредственной работы — наблюдений и экспериментов.

Сложность исследования и разнообразие явлений приводят к высокой специализации исследователей. Поведение животных изучают люди самых разных интересов и склонностей. Одни исследуют функции отдельных частей целого организма, например органов чувств; другие сосредоточивают внимание на работе нервных клеток или мышц; третьи распутывают сложные процессы, относящиеся к периоду развития поведения; четвертые изучают изменение поведения в ходе эволюции. Часть ученых предпочитают проводить исследования в лаборатории, иные изучают животных в их естественной среде, а есть и такие, кто работает в зоопарках.

Одни специалисты изучают небольшие группы животных или единственный вид, другие сравнивают максимально возможное количество видов. Несмотря на это неизбежное разделение труда,

среди изучающих поведение наблюдается растущее чувство общности цели. Психологи, зоологи, физиологи начинают объединяться для проведения совместных исследований.

Мы пока еще очень далеки от полного понимания поведения животных, но уже начинаем догадываться, как можно добиться такого понимания. Наша задача неотложна. Вредные животные угрожают непосредственно нам, нашему здоровью и нашим пищевым запасам, — нужно знать, как обезвредить их. Крупный рогатый скот и рыба нам необходимы — их нужно уметь разводить и содержать. Мы должны научиться жить, давая возможность жить и другим живым существам на нашей планете. Задача сохранения животных также требует их понимания. И наконец, тщательное изучение поведения животных поможет нам познать самих себя.



Молодые белые гуси щиплют седую шевелюру Конрада Лоренца, приучившего их относиться к себе как к матери.

В МИР ЖИВОТНЫХ

В молодой науке о поведении животных у каждого исследователя свой подход к изучению той или иной проблемы. Но как бы своеобразны ни были избранные ими методы, их объединяет общая цель — проникнуть в загадку жизни животных. Следующие фотографии Нины Лин знакомят вас с десятью выдающимися специалистами по поведению животных.

Отец науки

Некогда в науке о поведении животных существовали две разные школы. Европейские специалисты, называвшие себя «этологами», занимались главным образом инстинктивным поведением, наблюдая и экспериментируя в полевых условиях, в естественной для животных обстановке. Американская школа «психологов» интересовалась больше тем, что можно узнать о поведении в контролируемых лабораторных условиях. Но обе стороны одинаково почитали одного человека, австрийца Конрада Лоренца, которого Джулиан Хаксли назвал отцом современной этологии. Большой любитель животных, Лоренц стал основоположником многих наиболее существенных направлений, разрабатываемых и поныне. Он создал новую школу исследований, основанных на убеждении, что поведение животных наряду с морфологическими приспособлениями является частью арсенала средств для выживания и продуктом приспособительной эволюции. Он подтвердил свою точку зрения исследованиями на широком круге животных, с которыми он жил бок о бок изо дня в день; среди них были водяные землеройки (кутóры), лягушки, утки, обезьяны, собаки и многие другие существа. Он изучил «язык» некоторых из них настолько, что мог общаться с ними на доступном для них уровне. Среди многих важных истин, открытых благодаря его экспериментам, всегда проводившимся со свободно живущими в своем естественном окружении животными, нужно отметить явление импринтинга. Это такой процесс обучения, в результате которого гусята, например, стали относиться к Лоренцу, как к своей матери.

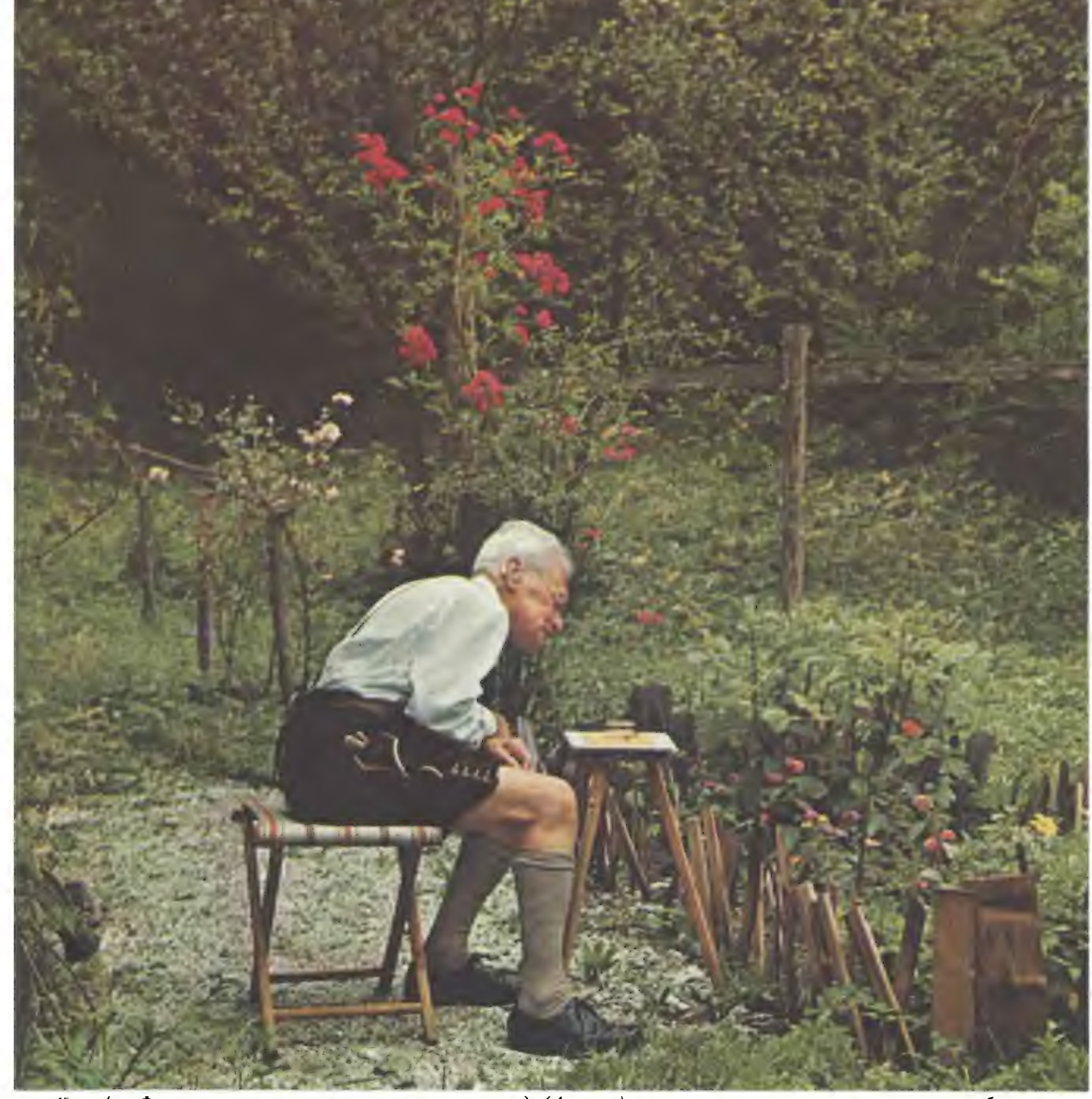
Плавающий не хуже своих спутников, Лоренц подбадривает гусят звуками, успешно имитирующими их собственный «язык».





Заменивший гусятам мать, Лоренц несет корм животным на участке при Научно-исследовательском институте по изучению поведения животных (Бавария), который он возглавляет. Его работа на гусятах многое дала для понимания того, как развивается инстинктивное поведение в раннем возрасте.

Себя Лоренц считает натуралистом сельского типа: «Просто я люблю держать животных, ухаживать за ними... изучать их».



Карл фон Фриш изучает цветовое зрение пчел в своем саду (Австрия) с помощью привлекающих пчел цветных табличек.

Человек, который доказал, что пчелы различают цвета

Строгий подход к фундаментальным вопросам сделал Карла Фриша крупнейшим авторитетом в исследовании поведения, в частности в области, касающейся работы органов чувств. Полстолетия назад он выступил против широко распространенного мнения, что пчелы не имеют цветового зрения. Такое мнение, говорил Фриш, равноценно признанию биологической бесполезности яркой окраски цветков, опыляемых пчелами. Серией простых экспериментов с цветными табличками он доказал, что пчелы действительно различают цвета. Его дальнейшие опыты на разных животных, особенно на многих беспозвоночных и рыбах, показали замечательные свойства их органов чувств, всегда приспособленных к требованиям окружающей среды. Нередко они приводили к новым и неожиданным выводам, как в случае со слухом у рыб.

Исследователь умных муравьев

Плененный способностью муравьев к обучению, Теодор Шнейрла многие годы сочетал изучение муравьев в полевых условиях со всесторонними лабораторными экспериментами. Изучение тропических бродячих муравьев позволило ему детально разобраться в роли обонятельных стимулов, управляющих движением муравьиных полчищ. Развивая свои исследования в Нью-Йоркском музее естественной истории, он разработал лабиринты для изучения наиболее распространенных видов муравьев. Двигаясь в этих лабиринтах, муравьи доказали свою способность запоминать и находить правильный путь, даже не имея возможности ориентироваться по собственному пахучему следу. Они могут также использовать результат обучения в новой ситуации, что ставит их способности близко к пределу доступного для насекомых.

Способный ученик, муравей формика после 25 уроков обучается безошибочно проходить сквозь лабиринт от гнезда (справа) к источнику корма.



Исследователи немого мира

Издавна высказывавшееся среди ученых предположение, что многие животные воспринимают стимулы, не доступные восприятию человека, было подтверждено еще в 30-х годах поразительным открытием Доналда Гриффина, работавшего тогда в Гарвардском университете. Наблюдая поразительную способность летучих мышей ориентироваться в полной темноте, Гриффин пришел к выводу, что они, возможно, более полагаются на слух, чем на зрение. Поместив летучих мышей в лабораторию с аппаратурой для регистрации высокочастотных звуков, он стал одним из первых, кто зарегистрировал неслышимый для человека скрип, издаваемый животными во время полета. Эти ультразвуковые сигналы отражаются от поверхности предметов и позволяют летучим мышам ориентироваться в полете. Со времени обнаружения Гриффином мира неслышимых звуков изучены эхолокационные системы не только у летучих мышей, но и у других животных. Эта большая работа проведена главным образом на Тропической исследовательской станции Нью-Йоркского зоологического общества в Тринидаде, где и были сделаны помещенные здесь фотографии.



Доналд Гриффин и его помощник, студент, налобными лампами освещают путь, выходя из заброшенной шахты в густых джунглях Тринидада, где они охотились на нужных им для лабораторных опытов летучих мышей.



Ориентируясь на слух, рыбоядная летучая мышь летит к кусочку рыбы, который Гриффин укрепил на проволоке посреди затемненного бассейна. Пока приманка над водой, животное без труда находит ее и схватывает когтями. Но приманку, опущенную в воду, летучая мышь найти не может, так как поверхность воды отражает 99,9% эхолоцирующего сигнала.


15 L

Апологет условных рефлексов

Фредерик Скиннер, психолог-экспериментатор из Гарвардского университета, известен не только как создатель механизированной аппаратуры для изучения поведения животных, но и как человек, не боящийся делать смелые выводы из своих экспериментов. В этих опытах он обучает голубей, крыс и других животных выполнять необычные для них действия, которые немедленно вознаграждаются, — использует принцип подкрепления. Подопытные животные у Скиннера полностью изолированы от внешнего мира в течение всего эксперимента: они, как правило, находятся в звуконепроницаемом металлическом ящике. Автоматизированные установки обслуживаются программным оборудованием, позволяющим исследователю покидать помещение во время эксперимента. Результаты опыта регистрируются автоматически. Скиннер не чуждается приложения результатов своих лабораторных опытов к исследованиям на человеке. Так, при разработке обучающих машин он использовал принцип немедленного вознаграждения для поощрения правильных ответов детей. Он написал три книги, в которых развивает свою теорию подкрепления. В этих книгах, вызвавших бурю споров, Скиннер излагает свое убеждение, что человечество может и должно обучаться «приемлемым» формам поведения.







Голодная крыса, не видя пищи, обследует механический рычаг в ящике Скиннера, с которого для демонстрационных целей снят наружный кожух. Через некоторое время крыса обучается нажимать рычаг и получать подкормку, «подкрепляющую» ее поведение.

У крысы уже выработался условный рефлекс нажимать пищевой рычаг, когда включается свет. При выключенном свете (вверху) крыса нетерпеливо скребется; когда же вспыхивает сигнал (в центре), она ударяет по рычагу и ожидает вознаграждения (внизу).

В поисках причин

В отличие от исследователей, изучающих поведение множества разнообразных животных, Даниель Лерман, бывший декан факультета по изучению поведения животных Университета в Нью-Джерси, посвятил 15 лет своей жизни единственному виду — ошейниковой горлице. Он задался целью изучить «систему причин», объясняющую сложное взаимодействие гормональных факторов, внешних стимулов и индивидуального опыта на развитие поведения горлицы. Так, например, Лерман выяснил, что в сезон размножения яичники и яйцеводы самки могут увеличиваться при одной лишь возможности видеть самца, хотя этот эффект значительно ослаблен, если самец кастрирован. В бесчисленных экспериментах такого рода исследователь ушел еще дальше в понимании причин и следствий в поведении животных. Но, как говорит Лерман, «всякий хороший эксперимент больше ставит вопросов, чем дает ответов».

Исследование яичников горлицы обнаруживает, что они набухли в результате гормонального воздействия, вызванного одним видом самца.



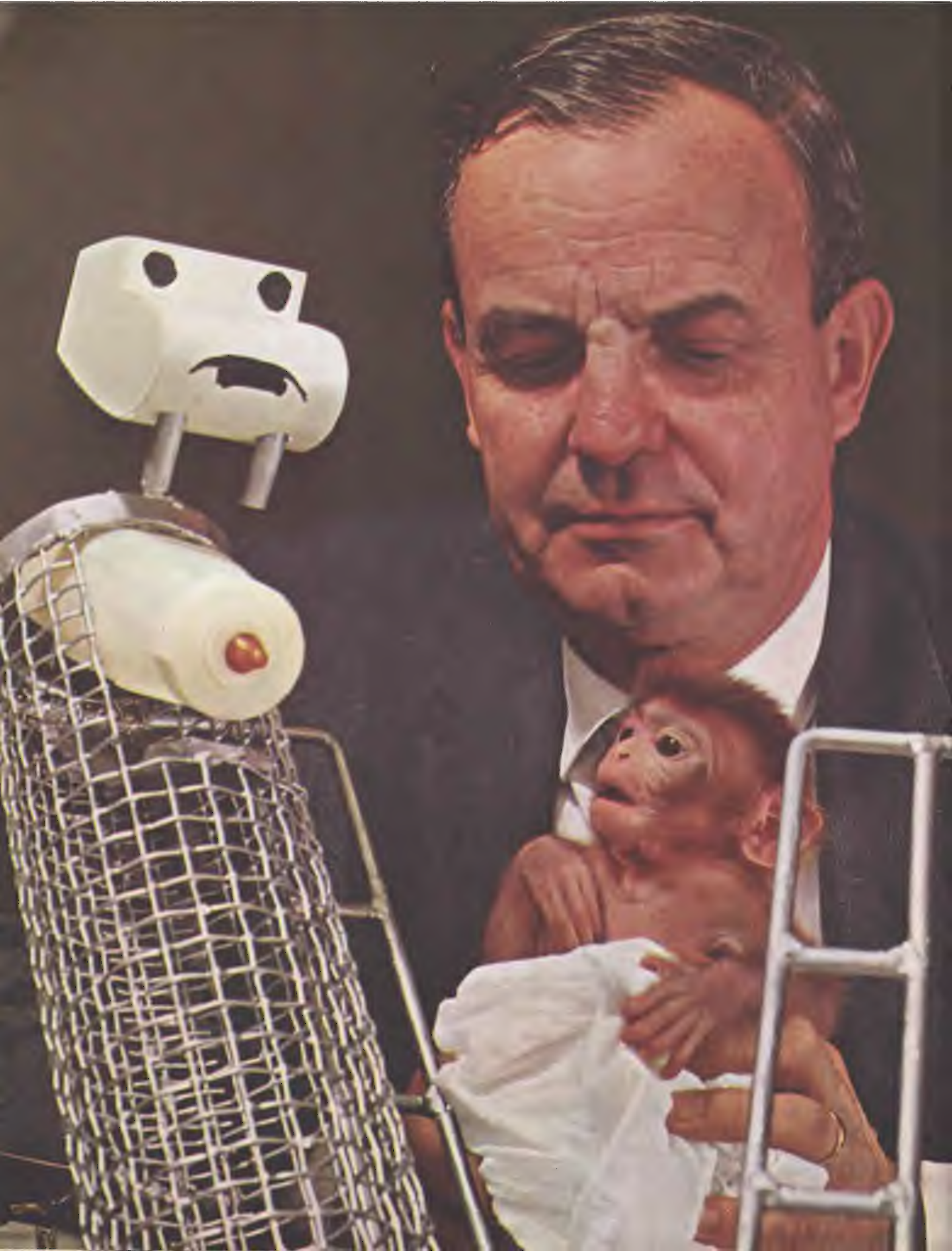


Прикасаясь к брюшку птицы нейлоновой щетинкой, Роберт Хайнд исследует чувствительность лишенного перьев наседного пятна канарейки.

Сложность обычной канарейки

Другой ученый, изучающий сложное взаимопереплетение внешних и внутренних факторов в поведении животных, — это Роберт Хайнд из Кембриджского университета (Англия)*. Работая в основном с обычной канарейкой, он дал точное описание разнообразных обстоятельств, определяющих поведение птицы при образовании брачной пары, гнездостроении и откладывании яиц. По ходу своих исследований Хайнд нередко вводил подопытным канарейкам гормоны, чтобы выяснить их влияние на поведение птиц. Оказалось, что самка канарейки, которая обычно строит гнездо только весной, после инъекции экстрогена, гормона яичников, начинает гнездостроение в любое время года. Диаграмма, построенная на результатах исследования Хайнда, приведена на страницах 92—93.

* Р. Хайнд — автор недавно вышедшей в СССР в переводе на русский язык книги «Поведение животных», М., «Мир», 1975.



Жизненные потребности младенца

В своих лабораторных экспериментах психологи исследуют не только низших животных. Гарри Харлоу, директор Лаборатории приматов в Висконсинском университете, наблюдал за проявлением отношений между матерью и младенцем у макака резуса. В его опытах каждый новорожденный детеныш имел доступ к двум искусственным «матерям» — к голой проволочной сетке с деревянным лицом и соской на уровне груди и к почти такой же сетке, но с мягким бархатным покрытием. Обезьянки сосали молоко у обеих «матерей», но по мере того, как они росли, все больше времени проводили, забравшись на пушистую «мать». При появлении опасности, например механической игрушки, они бросались именно к этой «матери», и только прижавшись к ней и успокоившись, начинали разглядывать испугавший их предмет. То же самое они делали, когда их переносили в незнакомое помещение.

Обезьяньи малыши, выращенные без настоящих матерей или без бархатных моделей, оказались впоследствии неспособными к нормальным взаимоотношениям ни с самцами, ни с самками. Эти опыты доказали важность телесного контакта с матерью, а также материнской заботы для нормального развития младенца.



Прижимаясь к матерчатой модели матери, младенец макака резуса демонстрирует предпочтение к теплу и комфорту, несмотря на то что кормит его проволочная «мать».

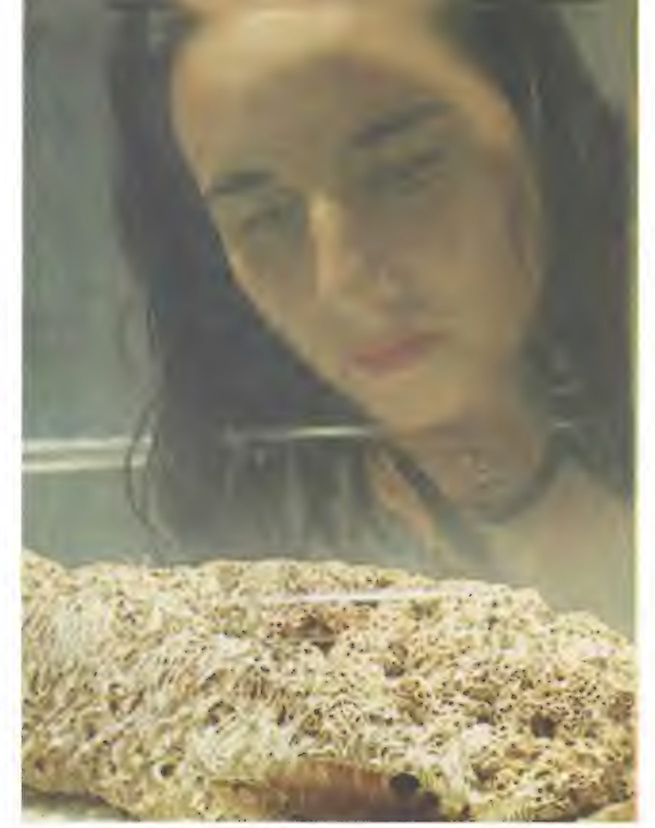


Воспитанная без матери и сверстников обезьяна иллюстрирует результат ненормального воспитания — съеживается от страха, когда в клетке появляется ее ровесник-сородич.



Легко подавляемая обезьянка не может защищаться или принимать участие в игре. Из этих экспериментов Харлоу заключил, что для нормального развития детеныша необходим контакт с другими младенцами.

Гарри Харлоу держит обезьянку-младенца, которая рассматривает свою проволочную «мать».



Сквозь стекло аквариума Юджиния Кларк рассматривает групера, пойманного во время подводной охоты. Эти обоеполые существа служат объектом многих работ исследовательницы.

Воспитательница акул

В отличие от большинства специалистов, работающих с такими обычными животными, как летучие мыши, крысы, птицы и обезьяны, ихтиолог Юджиния Кларк занимается главным образом акулами. Один из ведущих специалистов по физиологии акул, она доказала своими опытами, что некоторые виды акул, подобно крысам в ящике Скиннера, поддаются обучению новым формам поведения. В одной серии опытов, выполненных в Морской лаборатории в Сарасоте (Флорида), лимонная акула и акула-нянька научились толкать рылом белый фанерный щиток. При этом включался звонок и подопытная акула получала кусок рыбы в качестве вознаграждения. После шестинедельного тренировочного периода акулы самостоятельно подплывали к щитку и толкали его, когда хотели есть. С помощью таких опытов было установлено, что акулы воспринимают звуки и могут научиться связывать их (также как зрительные стимулы) с определенной ситуацией, например с получением пищи.



За толчок носом в щиток детеныш акулы, предупрежденный звонком о том, что еда готова, будет вознагражден куском рыбы. Звонок служит стимулом к действию акулы.

Эмбрионы акулы-няньки — ценная находка, поскольку беременные акулы не питаются и потому редко попадаются на крючок.





По запаху мертвой крачки Тинберген определяет, что она убита лисицей. Лисицы охотятся на чаек и, подобно многим другим млекопитающим, отмечают свой охотничий участок пахучей мочой.

Натуралист-наблюдатель

«Я люблю изучать животных в их естественной обстановке. За долгие часы наблюдений я не только знакомлюсь с поведением животных, но мне приходят в голову идеи, которые я потом по возможности проверяю в эксперименте. Кроме всего прочего, мое заветное желание — узнать, как сложный механизм поведения помогает животному устоять против воздействия окружающей среды.» Так формулирует Нико Тинберген, автор этой книги, свой подход к изучению поведения животных. Годами он беззаветно следует своему собственному научному пути, скитаясь в диких местах в поисках новых объектов для наблюдения.

Раскрашивая куриные яйца наподобие яиц чайки, Тинберген подготавливает полевой эксперимент для изучения защитной окраски. Он показал, что лисицы плохо обнаруживают раскрашенные яйца.



Среди равнин Равенгласса на севере Англии Нико Тинберген бродит в сопровождении ручной вороны, всегда готовый увидеть интересные события.





Стоя на гладкой поверхности перезрелой сливы, оса пьет сладкий сок. Членистые усики, чувствительные не только к прикосновению, но и к запаху, помогли ей найти плод.

2

Органы чувств — окна в мир

Чтобы поведение было эффективным, животные должны вести себя в соответствии с обстоятельствами. Иными словами, сложные движения, которые мы называем поведением, результативны лишь в том случае, если животное совершает их в нужный момент и в нужном месте. Однако, чтобы поступать таким образом, животные должны быть информированы о том, что происходит во внешнем мире. Эта информация поступает через органы чувств и служит одной из побудительных причин для выполнения тех или иных действий. Собака видит, что хозяин надевает шляпу, и лает, предвкушая прогулку, а оказавшись на улице, бегает и принюхивается. В этом проявляется ее реакция на окружающий мир; следовательно, изучение закономерностей поведения животных логично начать с изучения внешних раздражителей, на которые они способны реагировать.

Какие типы раздражителей воспринимают животные? Прежде всего, не обязательно те же раздражители, на которые реагирует человек. Недооценка этого факта может привести к ошибочным заключениям. Так, по предложению одного правительственного чиновника было истрачено 2000 фунтов стерлингов на нафталин, чтобы избавиться от птиц на посадочных дорожках аэродромов, где они сталкивались с реактивными самолетами. Чиновник не знал, что у птиц слабо развито обоняние — нафталин их нисколько не беспокоил.

Действительно, «окна в мир» не одинаковы у разных животных и у человека. В одних отношениях они много хуже наших, в других — несравненно лучше. А есть животные, реагирующие на такие раздражители, которые человек совсем не воспринимает и обнаруживает только с помощью специальных приборов. Пчелы, как известно, видят ультрафиолетовые лучи и реагируют на них, тогда как человек должен перевести их в какую-нибудь другую, воспринимаемую им форму.

С тех пор как выяснили, что органы чувств животных могут серьезно отличаться от наших, стали систематически и тщательно изучать их восприимчивость к внешним раздражителям. Это очень сложная задача, но, как всякое исследование, занятие увлекательное и благодарное. И первым шагом такого исследования должно быть точное выяснение, на что именно реагирует животное в данной ситуации.

Начальный толчок к изучению органов чувств животных дал известный австрийский зоолог Карл фон Фриш. Его имя справедливо связывают с великолепными экспериментами на пчелах. Но кроме того, он и его многочисленные ученики провели выдающиеся исследования органов чувств других животных, в частности органов слуха рыб. Одна из первых статей Фриша называлась просто «Рыба, которая приплывает на свист». Но научить рыбу делать это было только началом. Фриш хотел знать и *почему* рыба приплывает, когда он свистит. Последовательность его рассуждений дает прекрасный образец того, как следует изучать органы чувств животных.

Что побуждает рыбу всплывать, когда раздается свист? Поскольку мы сами слышим, можно предположить, что рыба тоже слышит и, следовательно, реагирует на звук. Но ведь она может и не обладать слухом, а видеть движения человека со свистком и реагировать на них. Как узнать, что происходит в действительности? Можно, например, проделать те же движения, но не свистеть при этом. Если рыба не всплывает, ясно, что раздражителем являются не только эти движения. Можно, наоборот, свистеть не двигаясь, можно блокировать или удалить орган, который, как мы полагаем, ответствен за поведение рыбы (в данном случае внутреннее ухо). Если после этого она перестанет всплывать, значит, до операции она обладала слухом. Как только установлено, что рыба слышит, следует переходить к систематическим исследованиям возможностей органа слуха: сколь тонкие различия высоты звука способно воспринимать ее ухо и сколь слабым должен стать звук, прежде чем животное перестанет реагировать на него.

Любая естественная реакция животного, например стремление к пище, может быть использована в качестве индикатора поведения. Однако эти естественные реакции не всегда удобны в исследовательской работе и не всегда достаточно четко выражены. В таких случаях можно приучить животное к специфическому раздражителю, многократно применяя его одновременно с естественным (то есть выработать у животного условный рефлекс). Именно это и делал Фриш, свистя каждый раз, когда давал рыбе корм. Другой способ выработать условный рефлекс состоит в том, чтобы включать свет каждый раз, когда животное кормят, после чего оно должно связать вспышку света с появлением корма. Если животное вообще способно видеть, то рано или поздно оно начнет реагировать на свет, ожидая корм. Такой метод обучения, как мы увидим, применяется довольно широко. Физиологи пользуются еще одним методом: регистрируют с помощью электрических приборов реакции на раздражения. Основу каждого органа чувств составляют чувствительные клетки — истинные приемники раздражения. Они связаны тонкими нервными волокнами с центральной нервной системой. По этим волокнам в мозг передаются «залпы» хемоэлектрических импульсов. Каждый импульс длится не более тысячной доли секунды и регистрируется чувствительными приборами как «потенциал действия». Любое изменение характера импульсации говорит о том, что орган чувств реагирует на раздражение. Так, например, вспышка света перед глазом вызовет изменение импульсации в зрительном нерве, что непременно отметит регистрирующий прибор. Однако возможности и этого метода, так же как метода обучения, имеют свои пределы. По разным причинам изучение нервной импульсации и поведения животного не всегда дает одинаковые сведения о возможностях органов чувств; поэтому их работу лучше всего изучать параллельно обоими методами.

Даже краткий обзор сенсорных способностей животных покажет их поразительное разнообразие. Начнем с рассмотрения способности видеть.

Зрение, или чувствительность к свету, является одним из пяти основных чувств в животном царстве. Однако не все животные видят одно и то же. Например, не все они чувствительны к одному и тому же участку спектра. Мы уже говорили, что пчелы и многие другие насекомые в широком диапазоне восприимчивы к ультрафиолету, однако к красному свету они значительно менее чувствительны: фактически бóльшая часть того, что нами воспринимается как красное, для них невидимо и выглядит черным.

А как же красные цветки, явно привлекающие насекомых? В действительности, как показал Фриш, лишь немногие из опыляемых насекомыми, а следовательно, специально приспособленных к этому цветков являются чисто красными. Цветки, воспринимаемые нами как красные или пурпурные, отражают также довольно много синего света, именно его-то и видят насекомые. Например, европейский мак — довольно распространенный полевой цветок. Для нас он ярко-алый, однако мы замечаем, что к нему прилетают пчелы и другие насекомые. Простой опыт показывает, что мак отражает ультрафиолетовый свет, который и видят насекомые. Возьмем два цветка и, положив их на доску посреди макового поля, накроем

один из них фильтром, поглощающим видимый свет, но пропускающим ультрафиолетовый, а второй — двумя фильтрами, один из которых поглощает ультрафиолет, а другой — весь видимый свет. Оба цветка теперь кажутся одинаково черными, другими словами, невидимы для нас. Насекомые, однако, без колебаний садятся на первый цветок, реагируя на отражение ультрафиолетовых лучей*.

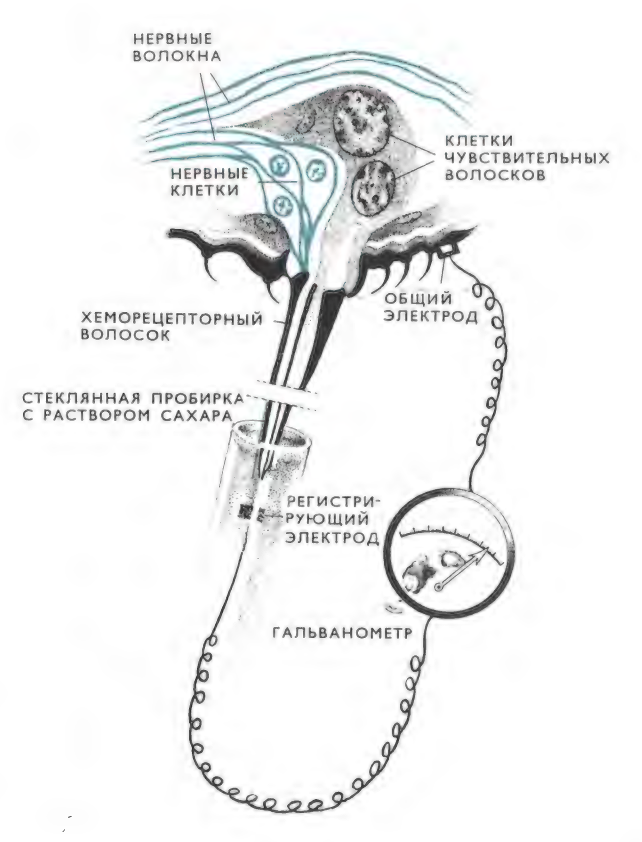
Многие другие растения, например обыкновенная лапчатка, также отражают ультрафиолет. Хотя нам цветки обыкновенной лапчатки представляются равномерно желтыми, у основания каждого лепестка есть пятно, не отражающее ультрафиолета, — оно должно казаться пчелам более темным.

Другая интересная проблема в изучении зрения — действительно ли животные различают цвета видимого спектра или реагируют лишь на степень яркости? Это можно проверить на предварительно натренированных животных — так же как проверяют цветовое зрение у людей. Используем для этого способ, примененный Фришем к рыбе, приплывавшей на свист, но вместо звуков раздражителями послужат различные цвета. Приучив животное связывать пищу с красным треугольником, мы начинаем показывать ему другие треугольники, точно такие же по форме и размеру, но иного цвета — синего, зеленого, пурпурного и нескольких оттенков серого. Если животное попрежнему реагирует только на красный треугольник или на цвет, близкий к нему, например пурпурный, можно ли считать, что оно видит цвета? Да, можно, но не вполне. Не исключена вероятность того, что животное не обладает цветовым зрением, а воспринимает цвета лишь как различные оттенки серого. Поставим эксперимент, выявляющий способность различать серые тона. Приучим животное связывать пищу с определенным оттенком серого, а затем покажем ему весь набор оттенков этого цвета. Если животное реагирует не на тот определенный оттенок, к которому приучено, а просто на серое, то остается предположить, что оно не различает яркости и, следовательно, первоначальная реакция на наши тесты была действительно реакцией именно на цвет. Разумеется, мы должны быть уверены, что животное не видит ни ультрафиолетовых, ни инфракрасных лучей, которые, возможно, отражают некоторые из предъявляемых ему объектов.



ОЩУЩАЮТ ЛИ МУХИ ВКУС?

На конце хоботка синей мясной мухи имеется губчатая подушка — лабеллум. Она явно помогает мухе найти пищу, поскольку муха постоянно что-нибудь ею ощупывает, как бы пробуя на вкус — съедобно ли? Убедиться в этом позволяет очень тонкий эксперимент, при котором один-единственный чувствительный волосок на лабеллуме включается в электрическую цепь. Когда такой волосок касается раствора сахара, прибор регистрирует электрическую активность, показывая тем самым, что в нервную систему мухи поступают сигналы о вкусе раствора.



* Это рассуждение не вполне строго. Насекомые посещают и цветки, которые не отражают никаких видимых для насекомых лучей. Для того чтобы цветок был виден, он должен отличаться от фона, а не отражать какие-либо лучи. Вряд ли можно согласиться с тем, что черные предметы невидимы для нас, — все зависит от того, на каком фоне они находятся, от чего их должен отличать глаз. — *Прим. перев.*

Пока не обнаружено ни одного животного, которое «видело» бы инфракрасный свет при помощи глаз, однако «видеть» можно не только глазами. Инфракрасное излучение — это одна из форм теплоты, и некоторые животные, в особенности гремучие змеи и родственные им виды, обладают органами столь чувствительными к теплоте, что как бы «видят» ее. Впереди и несколько ниже глаз у них два углубления с тонкими мембранами, за которыми лежат воздушные полости. Мембраны усыпаны нервными окончаниями — до 3500 в каждом углублении на поверхности трех-четырех квадратных миллиметров, то есть приблизительно в 100 000 раз больше, чем на такой же поверхности кожи у человека. Эти окончания расположены очень близко к поверхности мембраны, так что змеи на расстоянии полуметра легко чувствуют стакан с водой, температура которой лишь на несколько градусов выше температуры окружающего воздуха. Гремучие змеи даже набрасываются на такие предметы; похоже, что они используют эту чувствительность в поисках теплокровной добычи. Но эти органы не только воспринимают тепловое излучение. То, что они расположены в углублениях и содержат так много нервных окончаний, помогает змее определять направление, по которому поступает тепло. Края ямок экранируют боковое излучение, а положение отбрасываемой тени зависит от направления источника тепла, что позволяет точно наносить удар.

Еще один интересный вопрос: какова острота зрения животных, их способность различать детали? Это свойство присуще далеко не всем; например, у многих червей и моллюсков свет воспринимается «диффузно», всей поверхностью кожи, так, как мы ощущаем тепло. Отличать свет от темноты — единственное, на что они способны. В лучшем случае они в состоянии лишь приблизительно определить направление источника света.

Высшие животные, напротив, приобрели глаза с оптическим аппаратом. Позвоночные пользуются линзой (хрусталиком), которая проецирует изображение на сетчатку, состоящую из миллионов чувствительных клеток, каждая из которых воспринимает лишь малую часть объекта. У насекомых и ракообразных глаза сложные (фасеточные) — они не имеют хрусталика, а состоят из множества конических трубочек, называемых омматидиями, которые расходятся в разные стороны от зрительного нерва, что дает насекомым широкое поле зрения. Каждый омматидий оптически изолирован от соседних слоем пигмента и воспринимает лишь одну точку объекта. Совокупность многих таких точек образует общую мозаичную картину.

Острота зрения у глаза, снабженного линзой, много больше по сравнению с фасеточными глазами. Для пчелы две точки, удаленные друг от друга на расстояние меньше одного углового градуса, будут сливаться в одну, в то время как человек при благоприятных обстоятельствах способен различать точки, удаленные друг от друга всего на 40 угловых секунд, то есть на одну девяностую долю градуса, а у многих птиц зрение, по-видимому, еще острее. Безусловно, такая острота зрения дает много преимуществ: позволяет хищникам с большого расстояния видеть свою жертву (соколы-кобчики, питающиеся насекомыми, различают одиночную стрекозу на расстоянии 800 метров, тогда как мы — лишь с 90 метров), а беззащитным животным — издалека замечать хищников. Хорошее зрение, разумеется, важно и во многих других отношениях. Ниже мы познакомимся со способностью птиц отличать брачных партнеров или птенцов от других особей своего вида; во многих случаях совершенно ясно, что они узнают их «в лицо»

Изучая зрение более глубоко, мы обнаруживаем, что важна не только его острота и способность различать интенсивность света и цветовые оттенки. Как, например, обстоит дело с восприятием движущихся объектов? Здесь животному необходима не только способность различать отдельные элементы изображения, оно должно учитывать и фактор времени. Это значит, что животное способно регистрировать различия между моментами раздражения определенных клеток сетчатки или их групп. Хорошая иллюстрация этому — кино. Мы знаем, что изображения на экране на самом деле не движутся, а представляют последовательную смену неподвижных изображений, каждое из которых попадает на новый участок сетчатки, лежащий рядом с тем, куда лучи света падали в предыдущий раз. Иллюзия движения возникает за счет того, что клетки сетчатки передают информацию о последовательном возбуждении светочувствительных элементов. Непрерывный поток такой информации складывается в картину движения.

Разумеется, для того чтобы это было возможно, между чувствительными клетками должны быть перекрестные связи; такие связи действительно существуют, и в колоссальном количестве. У насекомых они обнаруживаются в ганглиях, или в нервных центрах, расположенных сразу за глазом. У высших животных взаимосвязаны не только нервные клетки, лежащие непосредственно за светочувствительными, но и клетки, находящиеся еще глубже в нервной системе.

Но есть еще более сложная и не менее важная задача — определение скорости движения. И действительно, животные могут отличать поступательное, равномерное движение от колебательного или беспорядочного, они по-разному реаги-

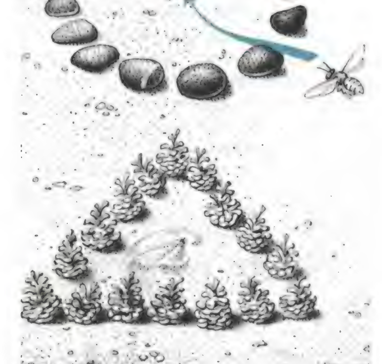
руют на предметы, движущиеся с разными скоростями. Однако пока не известно, как нервная система осуществляет этот анализ.

Другая сложная проблема — каким образом происходит различение и узнавание форм. Обучить птицу или млекопитающее реагировать на круг и не обращать внимания на прямоугольник довольно легко — я сам получил массу удовольствия, занимаясь этими исследованиями. Самка роющей осы, которая наполняет свою норку убитыми насекомыми для пропитания личинок, явно обладает способностью различать форму предметов. Вопрос в том, как она ухитряется, возвращаясь с охоты, находить обратную дорогу к норке? Я обнаружил, что эти осы запоминают расположение мелких ориентиров: камешков, шишек, пучков травы около норы. Зная это, я приучил ос узнавать круг из сосновых шишек, выложенный вокруг входа в норку. Однажды, когда оса улетела на охоту, я перенес этот круг сантиметров на 30 в сторону. Вернувшаяся хозяйка тщетно разыскивала свою норку в центре круга, не обращая внимания на находящийся в поле ее зрения настоящий вход. В последующих опытах я предлагал ей на выбор круг из черных камешков и треугольник или овал из шишек. И, хотя я знал из предыдущих опытов, что оса превосходно отличает камешки от шишек, она все же прилетала в круг из камешков — и только потому, что это был круг.

Та же проблема различения форм интенсивно изучается на очень своеобразных животных — осьминогах. Как и у всех головоногих моллюсков, у осьминогов высокоразвитые глаза, во многих отношениях похожие на линзовые глаза позвоночных. Осьминог хорошо различает форму, и его легко научить приплывать за едой, используя в качестве приманки определенные фигуры. Он без труда отличает вертикальный прямоугольник от горизонтального, однако путается, когда ему показывают два наклонных прямоугольника, расположенных под прямым углом друг к другу, либо V- или W-образные фигуры. Это выглядит так, как если бы узнавание форм включало в себя процесс сравнения вертикальных и горизонтальных проекций предлагаемых предметов.

Важное место среди основных органов чувств большинства животных занимают органы, реагирующие на прикосновение, давление и механические раздражители. В простейшем случае эти органы расположены в коже, что, безусловно, полезно, поскольку за счет этого поддерживается тесный контакт с окружающей средой. Но чувствительность к механическим раздражениям служит и многим другим, гораздо более специальным целям. Натяжение одних мышц, расслабление других, изменение положения костей, сухожилий и суставов — все это является источником непрерыв-





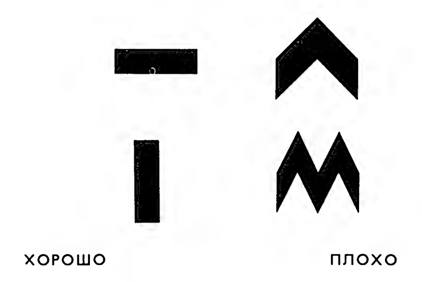
ЗАБЛУДИВШАЯСЯ РОЮЩАЯ ОСА

Роющая оса запоминает расположение предметов вокруг своей норки, что помогает ей найти ее снова. Изучая эту способность осы, Тинберген окружил норку кольцом сосновых шишек (вверху), и оса быстро это запомнила. Когда кольцо шишек было передвинуто на 30 см (второй рисунок), оса не смогла найти норку, хотя та и была расположена совсем рядом. Когда же сосновые шишки вокруг норки переложили треугольником, а рядом выложили кольцо из камешков, оса выбрала камешки, показывая тем самым, что она запомнила взаимное расположение предметов, а не их внешний вид.



ЧТО РАЗЛИЧАЕТ ОСЬМИНОГ

Опыты с осьминогами показали интересную особенность их зрения: эти животные хорошо различают одни фигуры, но путают другие. Осьминогу предлагали каждую из четырех изображенных ниже фигур, прикрепив к ним краба в качестве приманки. Животное быстро научилось связывать фигуры с кормом. На следующем этапе за прикосновение к вертикальному прямоугольнику (но не к горизонтальному) осьминог получал слабый удар тока. Животное быстро научилось отличать и избегать фигуры с током. Однако осьминоги так и не смогли научиться различать перевернутые V- и W-образные фигуры. Связано ли это с недостатком «сообразительности» осьминогов? Диаграмма на следующей странице дает ответ.



ХОРОШО ПЛОХО

ного потока очень подробной и нужной информации, по которой человек, как и все высшие животные, судит о своей позе и движениях. У насекомых с их внешним скелетом тем же целям служат иные приспособления. На члениках их ног часто обнаруживают «подушечки» из чувствительных волосков или группы крошечных колоколовидных органов. При нормальном положении эти волоски касаются следующего сегмента ноги таким образом, что любой изгиб членика слегка сдвигает или сгибает волоски, вызывая раздражение в чувствительных нервах.

Чувствительные к прикосновениям органы регистрируют механическое давление, возникающее за счет силы тяжести, что позволяет насекомому ощущать собственный вес и даже вес груза. При помощи тех же органов насекомое судит о положении своего тела. Тот же в принципе способ, но с помощью иного механизма используют пауки, находя в паутине место, куда попало насекомое: натягивают ногами нити сети и таким образом узнают направление, в котором ощущается наибольшее сопротивление.

Удержание тела в прямостоячем положении — проблема, общая для многих животных. В ее решении также участвуют органы, ощущающие прикосновение и давление. Остроумная модификация тех же органов используется для определения направления гравитации. У позвоночных это достигается с помощью маленьких твердых камнеподобных телец во внутреннем ухе, называемых отолитами. Более тяжелые, чем окружающая ткань, отолиты покоятся на подушечках из чувствительных волосков, от которых они отделены слоем слизи. Когда животное наклоняется, волоски сгибаются в ту или иную сторону, вызывая раздражение нервных окончаний. У многих ракообразных отолиты не создаются самим организмом, а представляют собой песчинку, которую животное подбирает каждый раз заново при смене панциря.

Наиболее простым и любопытным способом продемонстрировал функцию этих песчинок изобретательный австрийский зоолог XIX века Алоиз Крейдл. Он поместил креветку в аквариум с железными опилками вместо песка. Креветка закончила линьку с крупинкой железа в органе равновесия. Каждый раз, когда животное попадало в поле сильного магнита, оно переворачивалось на спину и делалось совершенно беспомощным.

Иначе сохраняют равновесие в воде некоторые водные насекомые. Они удерживают около себя пузырек воздуха, заключенный в пространство между водоотталкивающими волосками. Расстояние между волосками не настолько велико, чтобы дать пузырьку ускользнуть, но вполне достаточно, чтобы позволить ему непосредственно соприкасаться с окружающей водой. Имея по одному

такому «воздушному карману» с обеих сторон тела, насекомое ощущает наклон: погруженная в воду сторона тела будет испытывать слегка возросшее давление; оно сожмет пузырек, и вода проникнет чуть глубже в карман; чувствительные волоски отметят это и передадут насекомому информацию о том, что его тело изменило положение.

С помощью чувствительных волосков насекомые получают информацию и о других явлениях, например улавливают малейшие колебания воды. Водяной клоп гладыш обнаруживает добычу следующим способом: поднявшись к поверхности воды и словно повиснув вниз головой, он с помощью волосков на длинных тонких ногах улавливает рябь, расходящуюся от плавающих или упавших в воду мелких насекомых. В аквариуме гладыш точно так же реагирует на тонкую проволоку, вибрирующую у поверхности воды. Поразительно, как насекомое при таком, казалось бы, примитивном способе ориентации и без всякой помощи зрения точно находит источник колебаний.

Еще лучше гладыша это делают жуки-вертячки. Когда они скользят по поверхности воды, их усики находятся точно на ее уровне. Усики снабжены подушечками из чувствительных волосков, которые отмечают не только рябь, возникающую при движении других насекомых, но и присутствие неподвижных объектов — таких, как камни или плавающие веточки. Специально создавая рябь, вертячка способна, по-видимому, регистрировать ее отражение от этих препятствий.

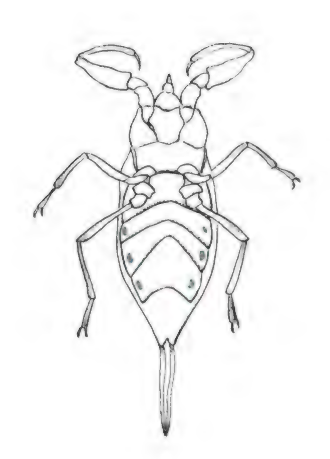
Принципы эхолокации достигают необычайного развития в наиболее специализированном из известных нам «механических» органов чувств — в органе слуха. Слух — явление само по себе поразительное, и, несомненно, стоит задержаться, чтобы сказать о нем несколько слов. То, что мы воспринимаем как звук, в действительности волны давления, которые возникают в результате какого-либо движения и распространяются в среде, например в воздухе или воде. Если ударить по камертону, его концы начнут колебаться; эти колебания передадутся окружающему воздуху, возбуждая быстро чередующиеся волны высокого и низкого давления. Волны достигают барабанной перепонки, та в свою очередь начинает колебаться и посылает сигналы, которые, попадая в мозг, воспринимаются как звуки. Мембрана телефонной трубки — это просто вибратор, передающий звуковые колебания нашему уху; то же самое можно сказать и о громкоговорителе.

Не всегда ухо представляет собой такую мембрану. Комары слышат при помощи «перышек» на усиках. У настоящих саранчовых «барабанные перепонки» расположены на ногах, а у ночных ба-



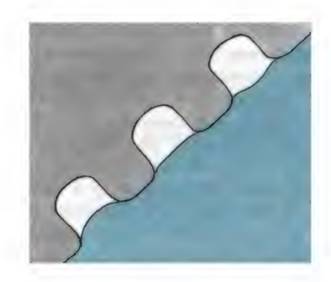
Нет, осьминогу мешает не недостаток «сообразительности», а особенности устройства его глаза, который, вероятно, оценивает вертикальные и горизонтальные размеры, а не собственно форму объекта. Рассмотрим проекции четырех фигур. На графиках каждый размер оценивается числом маленьких клеток, занимаемых той или иной фигурой. Например, вершина перевернутого V покрывает лишь 1 клетку; посредине ширина этой фигуры составляет 20 клеток, а в основании — опять 1 клетку (вверху). Горизонтальная проекция этой фигуры составляет, таким образом, треугольник шириной в 1 клетку у вершины и основания и 20 клеток посредине. По вертикали эта фигура везде покрывает 10 клеток, и, следовательно, ее вертикальная проекция представляет собой прямоугольник шириной в те же 10 клеток. Проекции W тождественны проекциям V, и обе фигуры неразличимы для осьминога, чего нельзя сказать о двух других фигурах (внизу).





ГДЕ ВЕРХ, ГДЕ НИЗ?

Взрослый водяной скорпион определяет свое положение в воде с помощью небольших ямок на брюшке. Эти ямки закрыты мембранами, которые слегка прогибаются внутрь или наружу в зависимости от давления воздуха в полостях, а значит, и соответственно тому, на какой глубине находятся эти полости. На нижнем рисунке верхняя полость, расположенная ближе к голове, подвержена меньшему давлению воды, чем нижняя, вблизи хвоста. Различие в изгибе мембран, покрывающих ямки, информирует скорпиона о том, что он расположен головой к поверхности воды.



бочек — по бокам туловища. Вообще, у насекомых орган слуха устроен гораздо проще, чем у позвоночных. Насекомые, по-видимому, не способны различать высоту звука, но весьма чувствительны к изменениям его интенсивности. Большую роль играют в их жизни ритмически повторяющиеся звуки. Так, самцы кузнечиков *Ephippiger* привлекают самок ритмическим стаккато; эту песню можно успешно имитировать звуком любой высоты в диапазоне их слуха, лишь бы он начинался или обрывался достаточно резко. Магнитофонное воспроизведение продолжительного, плавно нарастающего и затихающего свиста не вызывает никакой реакции у самок этого вида, но если на самом громком месте ленту разорвать и соединить чистым куском, то проигрывание любой из двух частей записи привлечет самку.

Чувствительность насекомых к различным участкам звукового спектра не одинакова, а некоторые из них способны слышать и в ультразвуковом диапазоне. Подобно тому как пчела видит ультрафиолетовый свет, ночные бабочки слышат ультразвуковые колебания, и это помогает им обнаруживать своих врагов — летучих мышей, издающих звуки, которые лежат в основном в ультразвуковом диапазоне.

Большинство позвоночных слышат очень хорошо. Даже рыбы, до самого последнего времени считавшиеся совершенно глухими, не только обладают хорошо развитым слухом, но даже общаются с помощью звуков. Лягушки и жабы, многие пресмыкающиеся и, разумеется, птицы и млекопитающие издают такое разнообразие звуков, без которых поле и лес казались бы совершенно необитаемыми. Бóльшая часть этих звуков служит средством общения и указывает на хорошо развитую способность животных различать высоту звука.

Какой бы критерий мы ни выбрали, «чемпионами по слуху» будут, несомненно, летучие мыши. Звуки, издаваемые ими, долгое время оставались неизвестными нам, поскольку они лежат на две или три октавы выше того, что способен услышать человек. Только очень немногие люди слышат звуки с частотой выше 20 000 колебаний в секунду, в среднем же верхний предел частоты восприятия человеческого уха составляет приблизительно 14 000 колебаний в секунду. А летучие мыши издают и слышат звуки с частотой до 100 000 колебаний в секунду и выше. Более того, эти звуки очень громкие: если бы мы их слышали, они воспринимались бы как звук двигателя реактивного истребителя с близкого расстояния. Для летучих мышей, тихим летним вечером охотящихся за ночными бабочками, и для их жертв, которые слышат летучих мышей и пытаются ускользнуть от них, летний вечер отнюдь не тих. Он наполнен адскими пронзительными звуками; каждая летучая мышь издает ряд очень коротких криков продолжительностью менее сотой доли секунды.

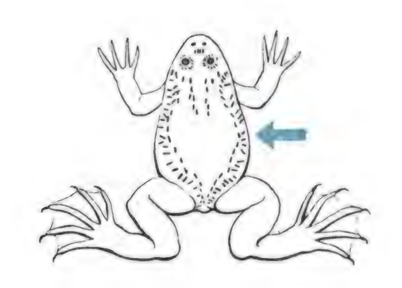
Для летучей мыши важен не сам звук, а его отражение: эхо от деревьев, стен и даже летающих насекомых, подобно эхолокатору подводной лодки, информирует летучую мышь о препятствиях на ее пути и о возможной добыче в воздухе. Механизм использования эхолокатора у разных летучих мышей различен. Одни испускают широкий рассеянный пучок звуковых колебаний, другие — узкий, направление которого постоянно меняется. Мы знаем, что этот звукоизлучающий аппарат включает в себя уши, рот, а у некоторых видов и нос. Блокировка любого из этих органов приводит к тому, что животное теряет способность к ориентации. Но как именно уши и мозг летучих мышей обрабатывают поступающую звуковую информацию, все еще остается тайной; их слуховой аппарат очень сложен.

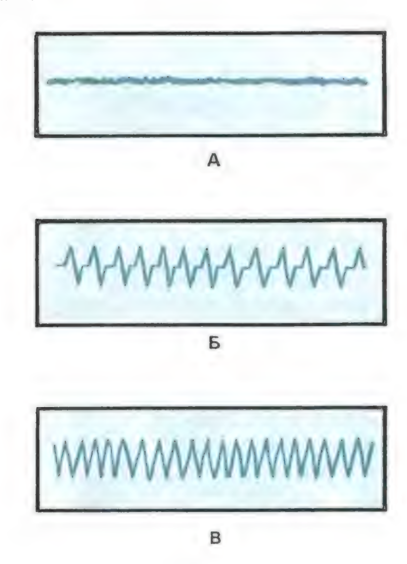
В воде сходной системой эхолокации пользуются киты. Давно известно, что киты слышат: чи-

татели «Моби Дика» помнят, что приближаться к кашалотам надо очень тихо. Не новость также, что киты издают звуки. Английские рыбаки назвали белуху — вид, издающий особенно сложные звуки, — морской канарейкой. Но в полной мере это стало ясно лишь во время второй мировой войны, когда гидрофоны, обнаруживающие подводные лодки, уловили поразительные по разнообразию подводные шумы, издаваемые китообразными. В настоящее время точно известно, что по крайней мере некоторые киты могут издавать ультразвуковые сигналы той же высоты, что и летучие мыши, однако все еще непонятно, как они, не имея голосовых связок, делают это. Известно также, что киты используют эхолокацию, чтобы избегать препятствий и обнаруживать возможную добычу, и что у них есть звуковой «язык» для общения между собой.

Дальнейшие исследования, возможно, выявят в жизни китов совершенно новые стороны, например, помогут объяснить загадочное явление массового выброса на берег и гибели китов. Многие годы никто не мог понять, почему эти гигантские существа, подходя к отмелям, иногда застревают на них и погибают от удушья, не в состоянии набрать в легкие достаточно воздуха, когда тело больше не поддерживается водой. Сейчас стало известно, что киты почти всегда гибнут на слабо наклонном песчаном или илистом дне, точнее, на местах, где береговая линия, в отличие от крутых скалистых берегов, не дает четкого эха.

Не менее загадочны органы боковой линии большинства рыб и некоторых лягушек. Они представляют собой углубления или желобки, расположенные вдоль поверхности тела, причем каждое такое углубление содержит ряды чувствительных клеток. Из клеток выступают протоплазматические «волоски», которые реагируют на малейшие движения окружающей среды, вызываемые, например, приближением другой рыбы или возможной добычи. Волоски крайне чувствительны, с их помощью можно получить информацию от удаленных объектов. Чрезмерное раздражение волосков болезненно; многие рыбы прогоняют пришельца со своего индивидуального участка сильными взмахами хвоста, дающими заметный эффект даже на значительном расстоянии.





ГДЕ ПЕРЕД, ГДЕ ЗАД?

*Бока африканской шпорцевой лягушки снабжены чувствительными органами, изображенными на рисунке в виде небольших пятнышек. Эти ямкоподобные органы выстланы микроскопическими волосками, которые сгибаются при движении воды вдоль тела лягушки. Возникающие при этом импульсы идут в нервную систему, причем их частота меняется в зависимости от того, движется ли вода от головы к хвосту, остается ли она неподвижной или движется от хвоста к голове (*А, Б *и* В *соответственно). Эти органы настолько чувствительны, что позволяют даже слепой лягушке ловить проплывающих насекомых и их личинки, ориентируясь по вызванным ими едва заметным завихрениям воды.*

Если все слуховые и эхолоцирующие устройства в организме животных улавливают механические раздражения, то обоняние и вкус — химические стимулы. Обоняние обычно используется для предварительного знакомства с предметом, как правило, на расстоянии; восприятие вкуса невозможно без соприкосновения: вкус пищи ощущается, только когда она во рту. У низших животных различия между обонянием и вкусом стерты, хотя у многих из них одни органы химической чувствительности производят оценку пищи на расстоянии, тогда как другие проверяют качества добычи прежде, чем животное отправит ее в рот.

Не секрет, что органы чувств, воспринимающие химические раздражения, у многих животных значительно совершеннее наших и используются иначе. Даже среди наших ближайших сородичей, млекопитающих, мы выглядим в этом смысле очень скромно. Человека ошеломил бы мир запахов, в котором живет собака: хорошая ищейка с поразительной уверенностью идет по следу, выделяя его из многих других. Хищные млекопитающие широко используют обоняние, преследуя

жертву, а преследуемые — ускользая от преследователя. Некоторые животные со слабым обонянием пользуются более развитым обонянием других видов. В африканских саваннах павианы и антилопы импала, сопровождающие друг друга, — обычное зрелище; при этом импала использует острое зрение павиана, а павиан — тонкое обоняние антилопы.

Вполне понятно, почему орган обоняния у позвоночных локализован спереди, в носовой области. У многих пресмыкающихся, кроме органа обоняния, обнаружен так называемый якобсонов орган. Он представляет собой небольшую полость, не имеющую внешнего отверстия, но соединяющуюся с полостью рта. Трудно сказать, следует ли называть его органом обоняния или вкуса, так как уже известно, что у большинства животных эти чувства одной химической природы и в некоторой степени «взаимопереплетаются». Якобсонов орган устлан чувствительными клетками, «ощущающими» запах. Причина, по которой змеи то и дело высовывают свой раздвоенный язык, заключается в том, что они «нюхают» воздух, каждый раз захватывая языком маленькие его порции, которые затем анализируются якобсоновым органом. У тритонов такого языка нет, но они, как и полагается земноводным, обладают развитым обонянием, одинаково хорошо работающим в водной и воздушной средах.

Совершенно чужд нам обнаруженный у некоторых рыб орган чувства, напоминающий электрическую «батарею». Давно известно, что угорь, защищаясь от хищников или поражая добычу, производит мощный электрический разряд. Но лишь совсем недавно стали рассматривать электрический орган угря как пример крайне выраженной специализации значительно более распространенных электрических органов, играющих роль своеобразных органов чувств. Они создают очень слабые электрические токи, используемые для обнаружения препятствий и добычи. Другими словами, «шестое чувство» таких рыб — это очень высокая чувствительность к электрическому полю.

Любопытна в этом отношении африканская пресноводная рыба нильский гимнарх, на хвосте которой находится ряд мышц, утерявших способность сокращаться. Вместо этого они испускают непрерывный поток слабых электрических разрядов с частотой приблизительно 300 импульсов в секунду. Во время разряда хвост на мгновение становится по отношению к голове рыбы заряженным отрицательно. Таким образом, рыба создает в окружающем пространстве электрическое поле и ощущает слабые искажения его. Органы чувств сосредоточены в голове и вблизи от нее и представляют собой поры в толстой коже (сама кожа электричества не проводит). Поры ведут в канальцы, наполненные желеобразным веществом. Дно канальцев выстлано группами чувствительных клеток, которые связаны нервными волокнами с мозгом. Такую рыбу можно приучить отличать тело, не проводящее тока, например подвешенный в воде кусок стекла, от проводящего, но той же формы (например, пористой трубки, наполненной раствором соли или кислотой). Тела по-разному искажают электрическое поле, и рыба поверхностью тела ощущает эти искажения. Физиологический принцип действия таких органов чувств еще совершенно неизвестен, но уже четко доказана их высокая чувствительность.

Гимнарх с помощью такого органа может обнаружить жертву на расстоянии 10 сантиметров — не так уж плохо, если учесть, что он живет в густонаселенной и мутной воде, где видимость очень мала, и ведет ночной образ жизни.

Этот краткий очерк — лишь поверхностный обзор удивительного мира органов чувств. Я не смог описать здесь все известные нам разнообразнейшие органы чувств. Некоторые морские животные, например, реагируют на слабые различия в солености воды. Другие различают изменения влажности воздуха; пчелы используют эту способность, отыскивая нектар в цветке, а ящерицы — дорогу к воде. Поразительная способность многих животных ориентироваться ставит в тупик исследователей. Никто еще не может полностью объяснить перелеты птиц или миграции морских рыб. Многие низшие морские животные, по-видимому, отличают весенние приливы от всех прочих, ибо откладывают икру лишь в это время, или приливы в новолуние от приливов в полнолуние. Как они это делают, мы не знаем; может быть, они улавливают слабые колебания давления, вероятно усиливающиеся во время весенних приливов.

А что можно сказать относительно ощущений, которые выходят за пределы возможностей известных нам органов чувств? Это так называемое экстрасенсорное (внечувственное) восприятие — явление неясное по многим причинам, и прежде всего из-за нечеткой терминологии. Если определить орган чувств как нечто поставляющее животному информацию о внешнем мире, то тогда никакого внечувственного восприятия не может быть. С другой стороны, если этот термин применять к процессам, нам еще не известным, тот тут следует сказать о широком распространении среди живых существ экстрасенсорного восприятия. Фактически эхолокация летучих мышей, функции боковой линии рыб и способ, которым электрические рыбы обнаруживают добычу, основаны на процессах, о которых мы ничего не знали и которые, следовательно, были в этом смысле «внечувственными» всего 25 лет назад. Не стоит ссориться из-за терминов — все мы согласны с тем, что исследования «окон в мир» у животных должны продолжаться.



ОЩУЩЕНИЯ — СРЕДСТВА К ДОСТИЖЕНИЮ ЦЕЛИ

Всем животным, от низших на эволюционной лестнице до высших, свойственно то или иное поведение. Хотя все они живут в одном мире, можно сказать, что они живут в разных мирах, так как каждое животное лучше всего воспринимает лишь ту часть окружения, которая помогает ему процветать. Поведение животного зависит от того, какими органами чувств оно владеет, много их у него или мало, сложны они или просты.

Щупальца — для запахов, волоски — для вкуса

Хотя у большинства животных основные органы чувств размещены на голове, немало и таких животных, у которых они располагаются иначе — потому ли, что голова слишком мала или попросту отсутствует, то ли потому, что их размещение в другом месте гораздо эффективнее. Морской

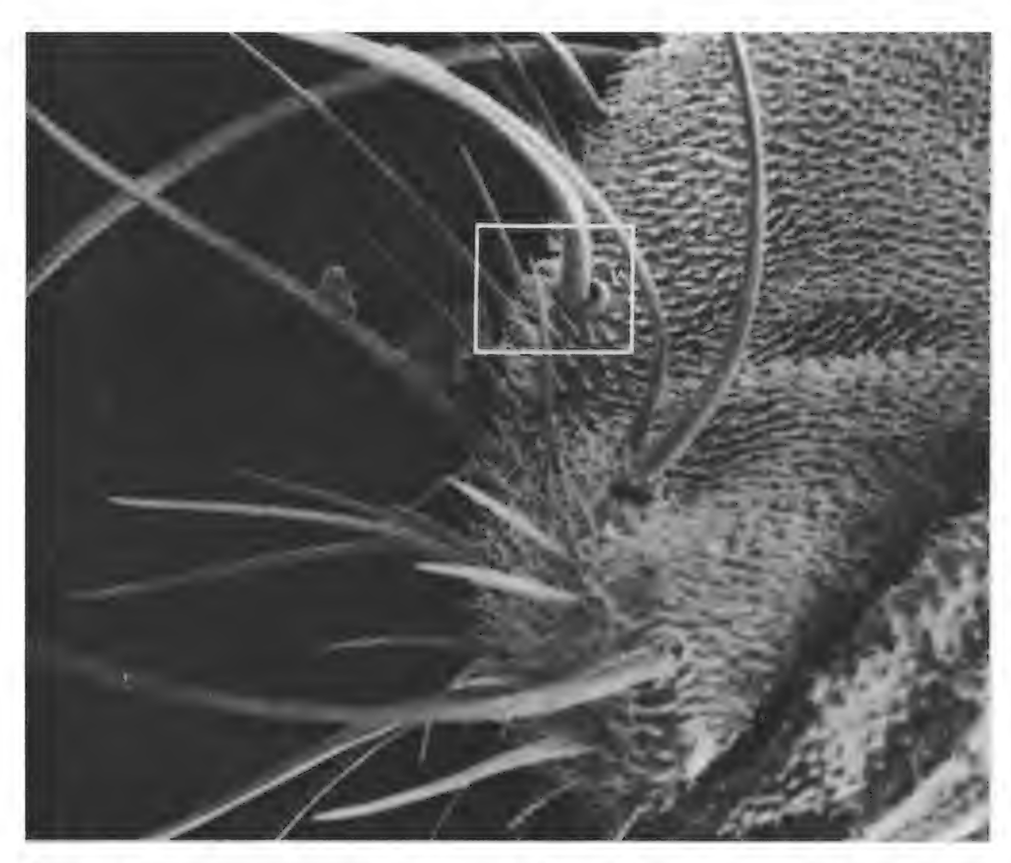


1 *Попробовав пищу на вкус чувствительными волосками ног, комнатная муха вытягивает хоботок и начинает есть. Выделенная квадратом часть хоботка показана ниже при большем увеличении.*



2 *При 75-кратном увеличении этой части хоботка видно, что она состоит из двух лопастей. Муха кормится, сильно нажимая хоботком на субстрат, и частицы пищи поступают в поры лопастей и в отверстие между ними.*

моллюск гребешок не имеет головы, но наделен глазами и щупальцами, которые располагаются по краям мантии. Некоторые морские улитки несут глаза на спине, а живущие в норах черви — на концах щупалец. У кузнечиков органы слуха находятся на ногах или на брюшке. Многие бабочки воспринимают запахи усиками. Мухам же пробовать еду на вкус помогают многочисленные волоски на ногах, поэтому они сначала наступают на свою пищу, а потом начинают есть.



3 *Еще большее увеличение позволяет заметить чувствительные волоски, которые, как и волоски на ногах, дают насекомому возможность ощупывать пищу и воспринимать ее вкус.*



4 *Сканирующий электронный микроскоп позволяет с недоступной ранее глубиной резкости при увеличении почти в 2600 раз увидеть чувствительный волосок мухи, который, подобно мощной колонне, поднимается из круглого углубления.*

За пределами доступного человеку

Мир выглядит для нас таким, каким позволяют его увидеть наши органы чувств. Восприятие разных животных не одинаково, так как диапазоны чувствительности их органов чувств различны. Возьмем для примера человека и пчелу. Поскольку глаз человека реагирует лишь на определенный участок светового спектра, он не воспринимает излучений с более длинными и более короткими волнами. Насекомые же, например пчелы, «видят» ультрафиолетовый свет. Благодаря этому они реагируют на рисунок, видимый лишь в ультрафиолете и направляющий их к нектару. Но если бы цветок был красным, пчела воспринимала бы его как черный только потому, что ее глаза не реагируют на длинноволновый свет. На том конце спектра, где красный свет переходит в инфракрасный, человек становится «слепым», в то время как змеи вроде ромбического гремучника способны ориентироваться по таким стимулам.



Картина, видимая глазом пчелы, отличается от того, что видит глаз человека. На каждой из этих двух фотографий правое изображение получено в ультрафиолетовом свете и дает представление о рисунке цветка, видимом лишь для глаза насекомых.

Чешуйчатая голова ромбического гремучника несет пару необычных органов чувств: ямки, расположенные под глазами, помогают змее обнаруживать теплокровную добычу благодаря ее инфракрасному излучению. Чувствительная ямка, содержащая многочисленные плотно упакованные нервные окончания, реагирует на тепло, но не на свет; это позволяет гремучнику находить добычу ночью, когда он обычно охотится.



Разряд электричества, который используется электрическим угрем для поражения добычи, зажигает одновременно более 200 неоновых ламп. В естественной обстановке разряд наблюдается, только когда подплывающая рыба нарушает электрическое поле вокруг угря, что воспринимается чувствительными ямками на его голове. С их помощью угорь определяет, где находится рыба, каких она размеров и можно ли ее поразить электрическим разрядом.



Эти фотографии, полученные австрийским физиологом Экспером через глаз жука-светляка в 1891 году (окно с буквой R на стекле) и двадцатью семью годами позже (портрет мужчины), изображают больше деталей, чем видит глаз насекомого в действительности.

Новый взгляд на древнюю проблему

Для разных животных наиболее важными оказываются разные средства восприятия. У птиц — это зрение, у большинства млекопитающих — обоняние и слух. Рыбы полагаются в основном на обоняние и осязание, большинство насекомых — на обоняние и вкус. Человек пользуется всеми этими средствами, но преобладает у него, как и у многих животных, безусловно, зрение. Поскольку людям свойственно воспринимать мир таким, каким он представляется прежде всего нашему зрению, долгое время считали, что животные зависят от зрения в гораздо большей степени, чем это есть на самом деле, и предполагали, что видят они так же, как человек. Ставились многочисленные опыты фотографирования с помощью глаза насекомых: исследователи полагали, что если они сфотографируют нечто через глаз насекомого, то увидят мир таким, каким его видит насекомое. Это было глубоким заблуждением. Фотографии в действительности показывали лишь то, что увидела фотокамера. Как такие изображения обрабатываются в мозгу насекомого и, следовательно, как они воспринимаются им, попросту не известно.

Заблуждения, касающиеся зрения животных, объясняются не только человеческим предубеждением, но и скудостью, а часто и неточностью сведений о различных типах глаз в царстве животных. Представления об устройстве даже собственного глаза открывались человеку поразительно



Фотография молодой женщины, сделанная в 1963 году через фасеточный глаз жука-светляка. Чтобы приготовить препарат глаза, фотограф-ученый Роман Вишняк удалил из него все нервы и мышцы с помощью крошечных иголок пресноводной губки — эта операция заняла у него 18 часов.

медленно и веками основывались на высказанном еще древними греками предположении, что воспринимается изображение хрусталиком, а сетчатка (истинный светоприемник) питает хрусталик, подводя к нему от мозга по зрительному нерву таинственную силу, именуемую «зрительной субстанцией». Такое представление бытовало до конца XVI века, когда швейцарский анатом Платтер предположил, что хрусталик улавливает свет и распределяет его по сетчатке. В 1604 году немецкий астроном Кеплер высказал мнение, что изображение каким-то образом «зарисовывается» на сетчатке. Еще через несколько лет немецкий астроном Шейнер представил поразительное доказательство правильности этого предположения. Удалив непрозрачные слои задней стенки глаза, он действительно обнаружил изображение — тусклый отпечаток того, что запечатлел глаз в момент смерти. Когда в конце XIX века научились закреплять такое изображение на сетчатке и получать так называемые оптограммы, представление о глазе как о камере с точечным отверстием получило широкое признание. Такое представление тем не менее ничего не говорит о том, что происходит с изображением, полученным на сетчатке, — а именно в этом и состоит увлекательная проблема, исследование которой только еще начинается. Некоторые из поразительных открытий в этой области представлены и объяснены на следующих страницах.

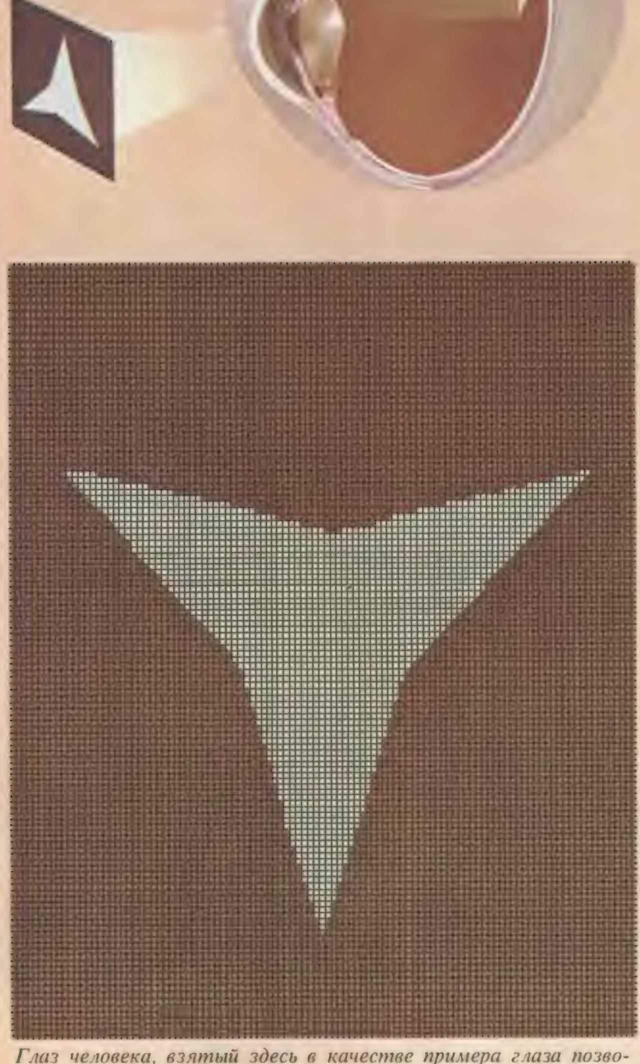
АНАТОМИЯ ЗРЕНИЯ

Первый этап: изображение на сетчатке

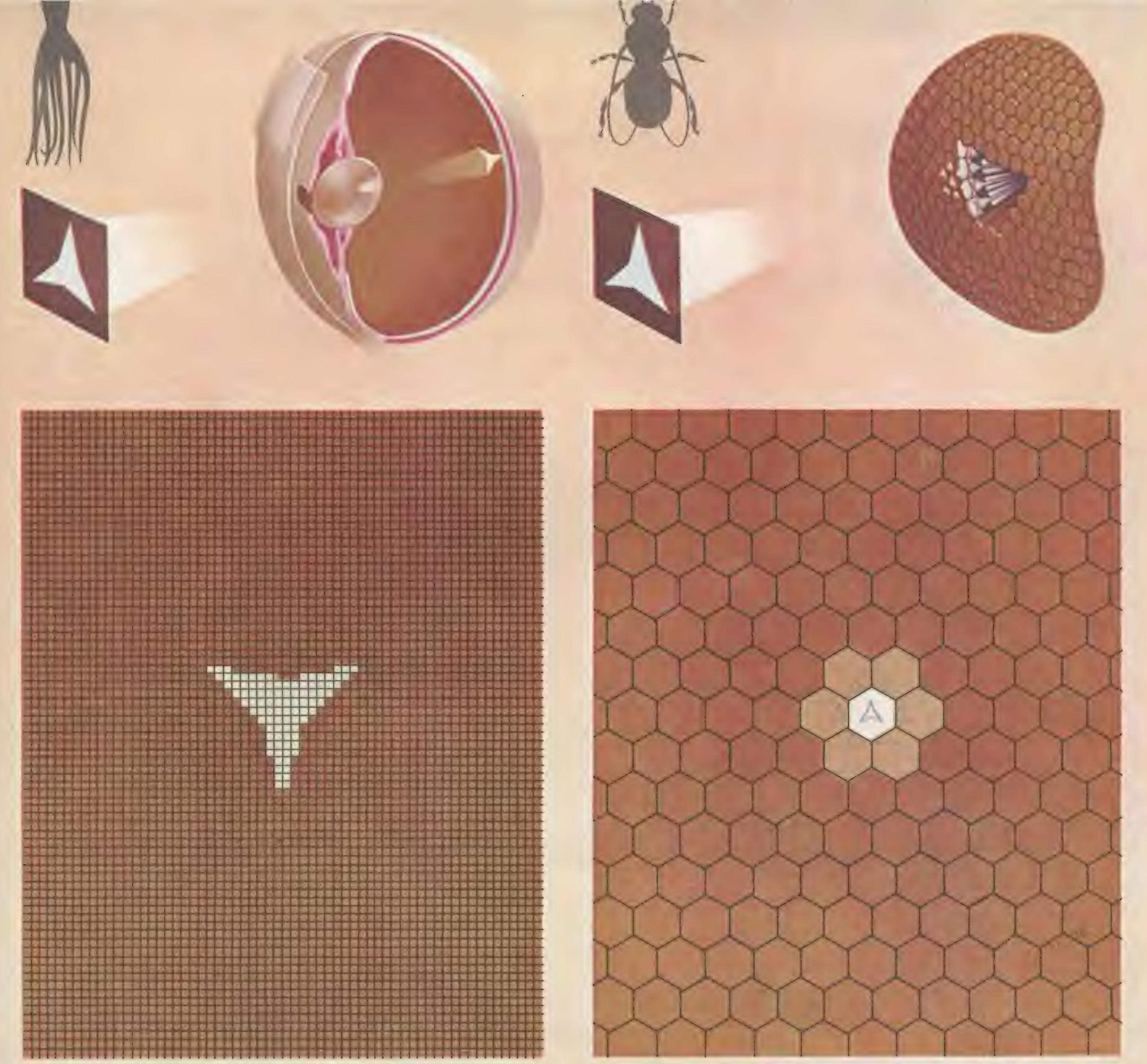
Никогда, вероятно, не удастся в точности показать, что на самом деле видит то или иное животное. Но схематически можно представить себе и как выглядит изображение, падающее на заднюю стенку глаза (сетчатку), и как сетчатка преобразует это изображение в зрительную информацию, используемую мозгом при «запуске» поведения.

Сам по себе глаз, конечно, ничего не видит — видит мозг. Проблема в том, как воспринимается свет. Поэтому все глаза, от самых простых до самых сложных, обладают светочувствительными клетками. Тысячи этих клеток, плотно расположенных друг подле друга, образуют светочувствительный экран сетчатки. Падающий на этот экран свет возбуждает каждую клетку независимо, и возбужденные светом клетки все вместе образуют мозаичную картину — изображение того, на что смотрит глаз.

Этот первый важный этап зрительного процесса схематически изображен на рисунках справа. Что животное в конце концов увидит, зависит от того, как его сетчатка и мозг переработают мозаику изображения. Здесь показаны три типа глаз, которые смотрят с одинакового расстояния на одну и ту же звездообразную фигуру. В нижней части рисунков даны увеличенные участки световоспринимающей области глаза. (В двух первых маленькие квадраты обозначают отдельные фоторецепторы, в третьем — фасетки.)

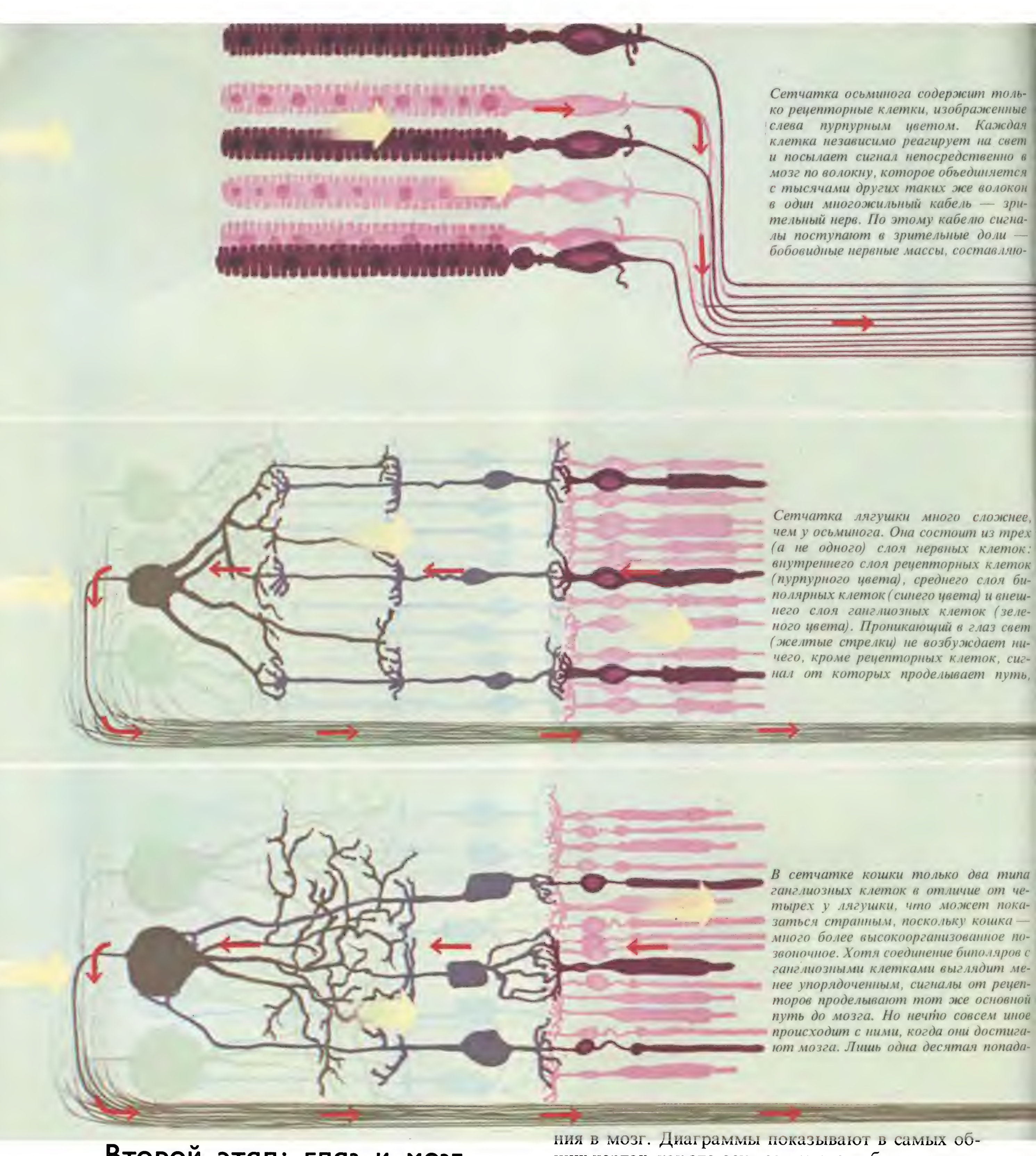


Глаз человека, взятый здесь в качестве примера глаза позвоночного, подобен фотокамере с диафрагмой (радужная оболочка) для регуляции количества света, проходящего через зрачок, эластичной линзой (хрусталиком) для фокусировки света и светочувствительной пленкой (рецепторами сетчатки) для восприятия изображения. Несмотря на несовершенство оптики, глаз человека превосходит глаза многих позвоночных. Около 130 миллионов плотно расположенных в сетчатке светочувствительных клеток, названных за их форму палочками и колбочками, соединяются примерно с одним миллионом волокон зрительного нерва. Передаваемое ими в мозг изображение весьма детально и воспринимается как единое целое, хотя в действительности имеет на сетчатке мозаичную структуру.



Глаз осьминога, наиболее совершенный зрительный орган среди беспозвоночных, возник независимо от глаза позвоночных, но, за исключением некоторых явных отличий, таких, как прямоугольный зрачок и две защитные оболочки вместо одной, имеет с ним много общих свойств. И этот глаз работает по принципу камеры. Но создаваемое им изображение меньше, чем в глазу человека, поскольку сам глаз меньше; кроме того, оно менее точно — не потому, что управляемый мускулатурой хрусталик не может четко сфокусировать изображение, а потому, что рецепторов в сетчатке меньше, они соответственно крупнее и, следовательно, образуют более грубую мозаику.

Глаз насекомого — так называемый сложный (или фасеточный) глаз — состоит из многих крошечных элементов, каждый из которых может быть назван глазом, поскольку имеет собственную линзу и светочувствительные клетки, связанные с мозгом. Число таких маленьких глаз — фасеток — варьирует от 12 и менее у некоторых пещерных насекомых до более 28 000 у стрекозы. Фасетки направлены в несколько различающихся направлениях, поэтому каждый «глаз» воспринимает несколько отличный от других участок общей картины. Рисунок показывает, как фасетка, направленная прямо на звездообразную фигуру, воспринимает полный поток света, тогда как окружающие фасетки регистрируют лишь часть его.



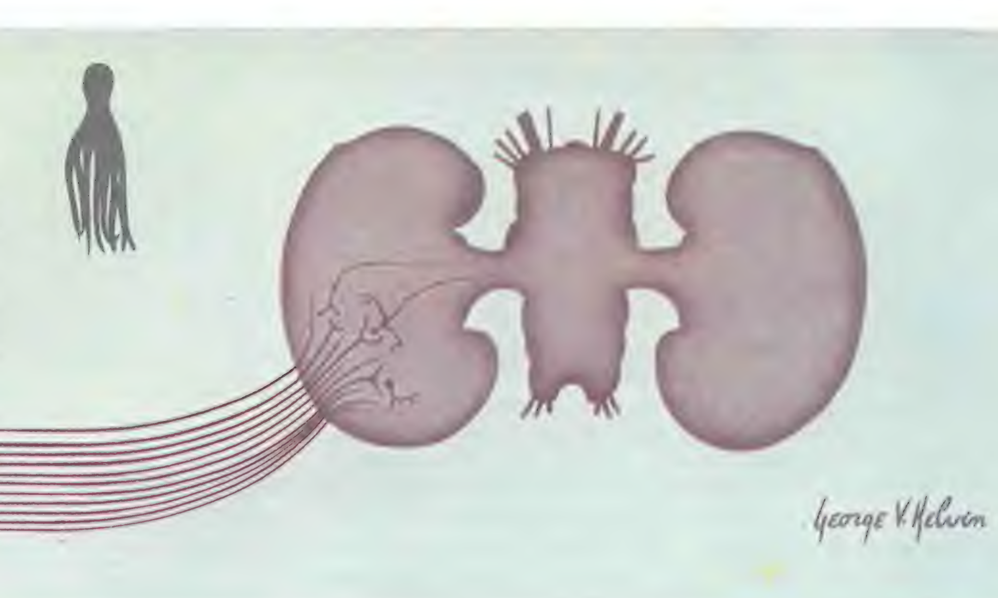
Сетчатка осьминога содержит только рецепторные клетки, изображенные слева пурпурным цветом. Каждая клетка независимо реагирует на свет и посылает сигнал непосредственно в мозг по волокну, которое объединяется с тысячами других таких же волокон в один многожильный кабель — зрительный нерв. По этому кабелю сигналы поступают в зрительные доли — бобовидные нервные массы, составляю-

Сетчатка лягушки много сложнее, чем у осьминога. Она состоит из трех (а не одного) слоя нервных клеток: внутреннего слоя рецепторных клеток (пурпурного цвета), среднего слоя биполярных клеток (синего цвета) и внешнего слоя ганглиозных клеток (зеленого цвета). Проникающий в глаз свет (желтые стрелки) не возбуждает ничего, кроме рецепторных клеток, сигнал от которых проделывает путь,

В сетчатке кошки только два типа ганглиозных клеток в отличие от четырех у лягушки, что может показаться странным, поскольку кошка — много более высокоорганизованное позвоночное. Хотя соединение биполяров с ганглиозными клетками выглядит менее упорядоченным, сигналы от рецепторов проделывают тот же основной путь до мозга. Но нечто совсем иное происходит с ними, когда они достигают мозга. Лишь одна десятая попада-

Второй этап: глаз и мозг

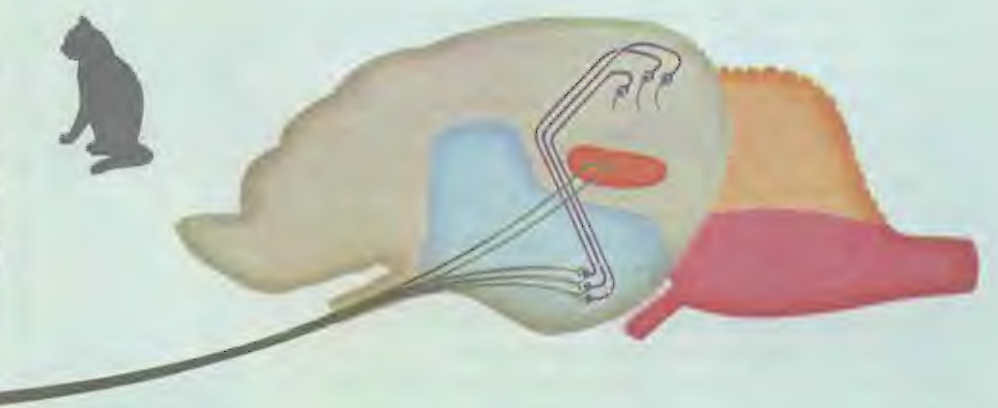
Образование изображения на сетчатке, как было показано, — лишь первый этап зрительного процесса. Второй этап состоит в передаче изображения в мозг. Диаграммы показывают в самых общих чертах, как это осуществляется у беспозвоночного (осьминога) и у двух позвоночных (лягушки и кошки). Сравнительно простая сетчатка осьминога состоит из единственного слоя рецепторных клеток, передающих зрительную информацию для переработки непосредственно в мозг. У лягушки



щие бо́льшую часть мозга осьминога. Здесь эти сигналы, несущие зрительную информацию, перерабатываются пока еще не известным нам способом и становятся пригодными к использованию. Довольно высокий уровень развития глаз и центральной нервной системы позволяют осьминогу хорошо видеть. Его способность различать форму предметов поразительна для беспозвоночного.



обозначенный красными стрелками, — через биполярные и ганглиозные клетки по зрительному нерву в мозг. Характерным для насекомоядной лягушки образом девять десятых зрительной информации обрабатывается уже в сетчатке, а затем передается прямо в рефлекторный центр мозга (оранжевого цвета), где и срабатывает почти сразу. Не удивительно, что лягушку рассматривают как живой капкан.



ет в рефлекторный центр, который играет основную роль у лягушки. Остальные девять десятых идут к клеткам своего рода промежуточной станции (пунктирный круг на голубом цвете), прежде чем они будут посланы для окончательной обработки в кору головного мозга. Такое устройство, видимо, дает кошке возможность более широкого выбора ответных реакций на то, что она видит, тогда как поведение лягушки в целом рефлекторно.

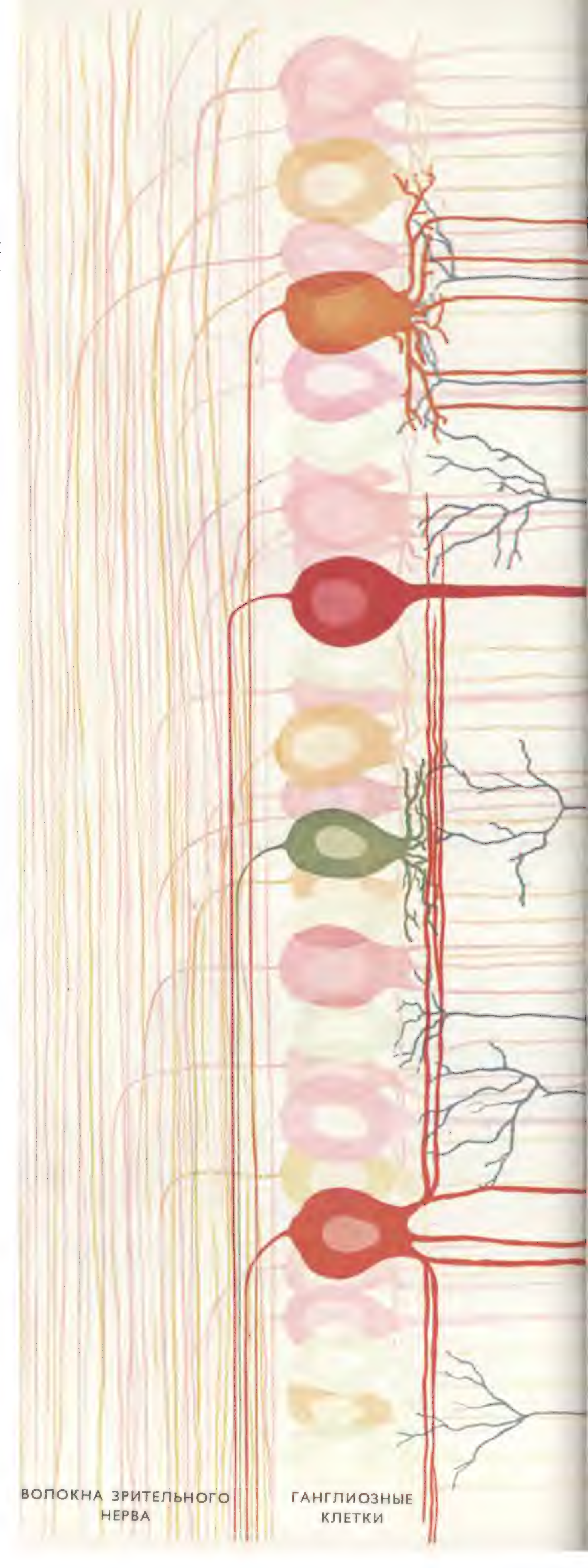
и кошки — а фактически и у всех позвоночных — сетчатка много сложнее; она состоит из трех отдельных слоев нервных клеток. Попадающий в глаз свет проходит сквозь клетки, образующие первые два слоя, не возбуждая их, к рецепторам, лежащим на дне глаза. Здесь он запускает электрические сигналы, которые поступают от рецепторов к биполярным клеткам для первичной обработки, затем к ганглиозным клеткам для дальнейшей обработки и наконец по волокнам, образующим зрительный нерв, в мозг для окончательной обработки. Некоторые детали того, что происходит в сетчатке и в мозгу, показаны на следующих страницах.

Третий этап: слои сетчатки

Сетчатка позвоночных очень сложна. Рисунок справа представляет собой сильно увеличенный поперечный срез сетчатки лягушки с уже знакомыми читателю тремя слоями клеток: рецепторами (пурпурные), биполярными клетками (синие) и ганглиозными клетками (разного цвета). К свету чувствительны только рецепторы; биполярные клетки в основном соединяют между собой рецепторы и ганглиозные клетки. Однако характер этих связей не одинаков: одни ганглиозные клетки соединены лишь с одним рецептором, другие — с несколькими; одни встречаются с ганглиозными клетками на полпути, вторые протягивают свои отростки почти до тела ганглиозной клетки. Эти различия в связях, по-видимому, обеспечивают первый этап в обработке зрительной информации, подобно тому как устройство радиосхемы определяет характер пропускаемого сигнала.

Ганглиозные клетки различаются между собой еще больше, чем биполярные клетки. Например, тип клеток, изображенных красным цветом, сравнительно редок; эти клетки обладают огромной сетью далеко простирающихся отростков, которые соединяются с очень многими биполярными клетками, что дает им возможность получать информацию с большой площади сетчатки. Хотя клетки того типа, который изображен оранжевым цветом, контактирует с биполярными клетками на двух уровнях, они получают информацию со значительно меньшего пространства. «Темно-желтые» клетки, также контактирующие с биполярными на двух уровнях, многочисленнее «оранжевых», но информацию получают с еще меньшей площади. И наконец, «зеленые» клетки (наиболее обычного типа) собирают информацию с наименьшей площади сетчатки.

Результат такой сложной организации поразителен: она позволяет четырем типам ганглиозных клеток воспринимать зрительную информацию, приходящую от рецепторов, и анализировать ее четырьмя различными способами. «Красные» клетки, например, реагируют, по-видимому, только на затемнение и, таким образом, возможно, передают в мозг информацию о больших темных предметах. «Оранжевые», вероятно, реагируют на довольно крупные движущиеся объекты, а «темно-желтые» — на более мелкие движущиеся предметы с выпуклыми или острыми краями, например на насекомых или на верхушки качающихся на ветру травинок. «Зеленые» возбуждаются только резкими, контрастными границами светлого и темного.



БИПОЛЯРНЫЕ
КЛЕТКИ

РЕЦЕПТОРНЫЕ
КЛЕТКИ



Увеличенный участок сетчатки лягушки (слева) на самом деле чрезвычайно мал, так мал, что занял бы лишь небольшую часть крошечного квадратика на рисунке глаза лягушки (наверху).

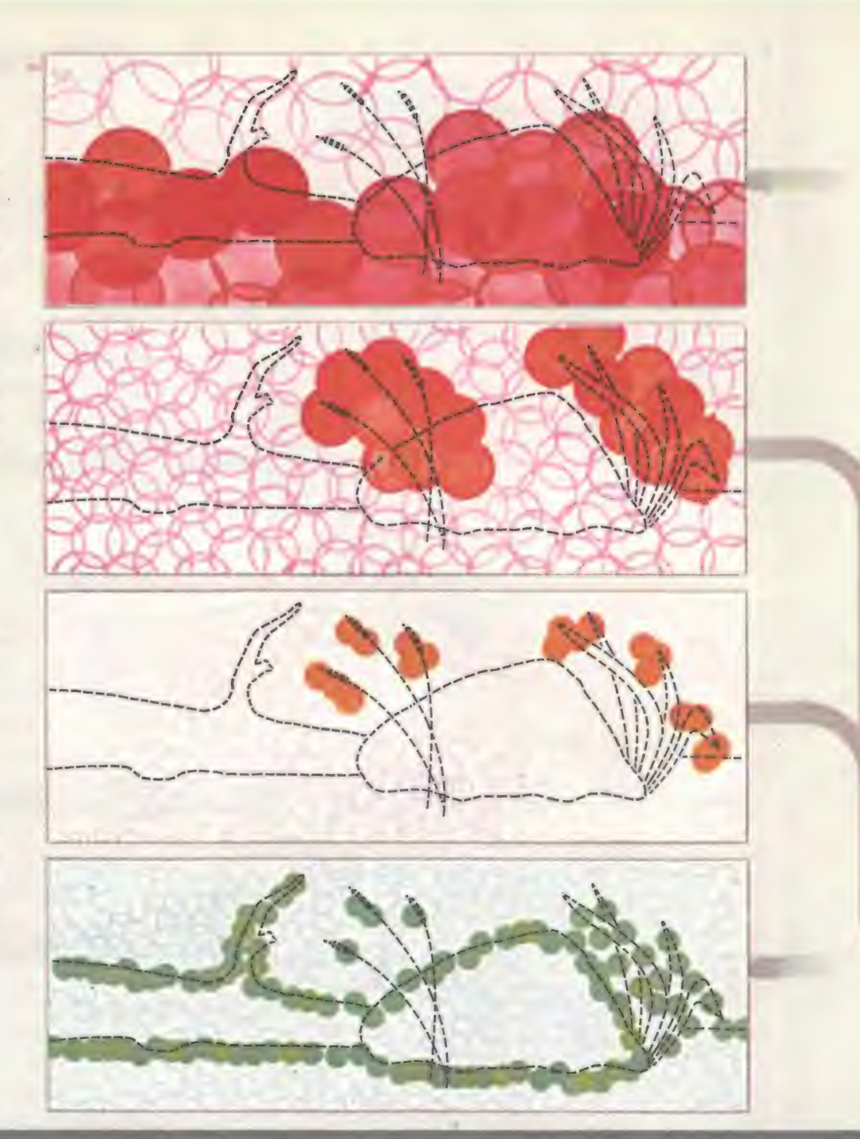
ГАНГЛИОЗНЫЕ КЛЕТКИ ЛЯГУШКИ

Наиболее крупные и наименее многочисленные из четырех типов — «красные» ганглиозные клетки реагируют только на сравнительно темные части ландшафта, такие, как тени от предметов. Известно, где оканчиваются их нервные волокна, но не ясно, как работают связанные с ними клетки мозга.

«Оранжевые» ганглиозные клетки, называемые «детекторами событий», возбуждаются, когда в поле зрения лягушки попадают движущиеся предметы (здесь — колеблющиеся стебли камыша и трава).

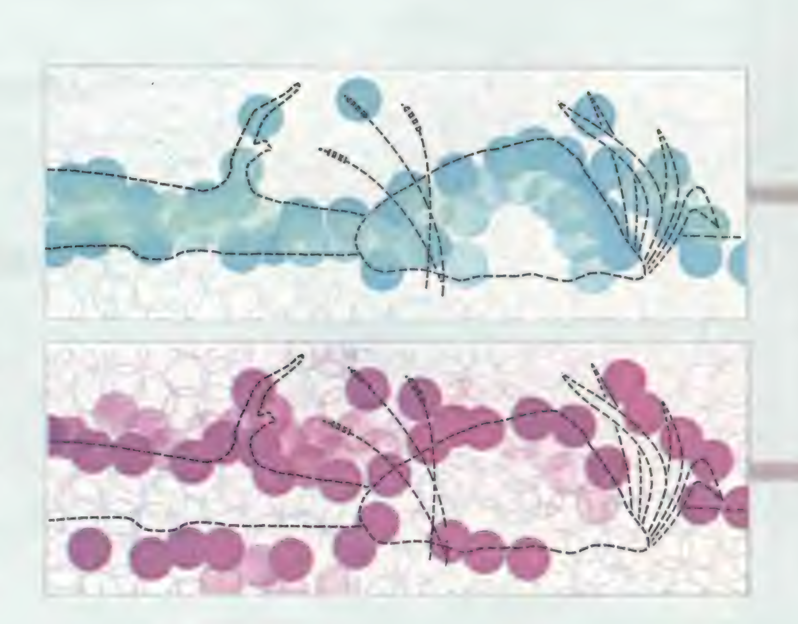
«Желтые» ганглиозные клетки включаются движением очень мелких объектов с выпуклыми краями (например, кончики травинок, насекомые, отсюда их название — «детекторы насекомых»).

«Зеленые» ганглиозные клетки, так называемые «детекторы контура», реагируют на резкие границы света и тени (здесь они очерчивают контуры предметов). Как и с клетками первого типа, реакция связанных с ними клеток мозга еще не изучена.



ГАНГЛИОЗНЫЕ КЛЕТКИ КОШКИ

Сетчатка кошки содержит только два типа ганглиозных клеток. Одни клетки, изображенные здесь синим цветом, реагируют лишь на увеличение освещения, другие (пурпурного цвета) — на уменьшение. Короче говоря, какое бы изменение света ни происходило, тот или иной тип ганглиозных клеток обязательно сработает. Постоянный уровень импульсации достигается постоянным, почти незаметным дрожанием глаза (тремором). Тремор обеспечивает непрерывное небольшое дрожание изображения на мозаике рецепторов, и те реагируют на постоянно меняющуюся интенсивность падающего на них света.





Кошка и лягушка увидят этот ландшафт по-разному.

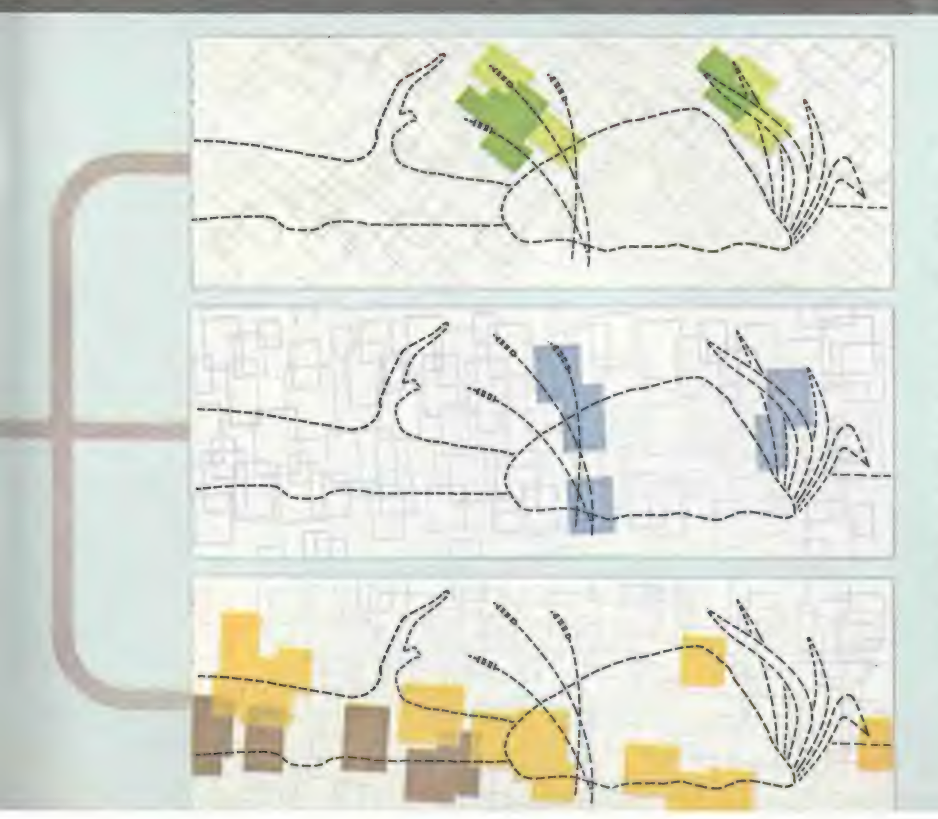
Четвертый этап: окончательная обработка

На протяжении шести страниц мы говорили о переработке зрительных сигналов. К чему это приводит, лучше всего показать на каком-нибудь определенном примере. То, как ганглиозные клетки сетчатки лягушки реагируют на камень, бревно и траву изображенного выше пейзажа, показано слева. Внизу читатель может увидеть, как клетки мозга лягушки реагируют на приходящую из сетчатки зрительную информацию. Что происходит в аналогичной ситуации в сетчатке и мозгу кошки, изображено на нижних половинах обеих страниц. В отличие от лягушки в сетчатке кошки, как мы уже знаем, имеется лишь два типа ганглиозных клеток, но зато намного большее число типов клеток в мозгу. Приводимые здесь схемы, изображающие одновременную реакцию сотен клеток лягушки и кошки, основываются на результатах, полученных в лаборатории с помощью таких тонких электродов, что их удается ввести в отдельное волокно зрительного нерва или мозга животного.



КЛЕТКИ МОЗГА ЛЯГУШКИ

В мозге лягушки импульсы, приходящие от «детекторов событий» и «детекторов насекомых», совместно обрабатываются большими клетками мозга (розовые круги), которые обеспечивают качественно новую зрительную информацию. Что происходит в мозге с импульсами двух других типов ганглиозных клеток, еще не известно и потому не может быть изображено.



КЛЕТКИ МОЗГА КОШКИ

В мозге кошки сотни различных типов клеток сортируют зрительную информацию, передаваемую из сетчатки. Здесь изображены только три типа клеток.
Клетки на первых двух диаграммах воспринимают движение длинных узких объектов, таких как качающаяся трава. Их реакции в чем-то отличны, как и реакции любых других аналогичных клеток, так как каждая клетка видит тот же объект чуть по-другому. Все же вместе они обеспечивают детальную картину движения травинок. Полагают, что такая многообразная обработка делает процесс зрения кошки намного более гибким и тонким, чем у лягушки.
Третья диаграмма изображает клетки мозга, которые возбуждаются при получении информации о границах как темных (на диаграмме коричневого цвета), так и светлых (желтого цвета) объектов. Все клетки мозга изображены в виде прямоугольников, так как участки, на которые они реагируют, именно такой формы, что соответствует их полям зрения.



Множество приманок, окружающих черного окуня, показывает, как далеко зашли их изготовители в надежде найти сверхоптимальную приманку, которая привлекала бы окуня без осечки.

3

Стимулы и их действие

Поглощенный чтением книги или мыслями о предстоящей работе, я могу совсем не замечать тиканья часов в комнате. Но если вы спросите меня, не остановились ли часы, то, переключив внимание, я услышу их ход совершенно отчетливо.

С этим сталкивался каждый; подумайте — и вы неизбежно придете к выводу, что далеко не всегда используете всю доставляемую вам органами чувств информацию. То же справедливо и в отношении животных. В начале нашего столетия известный ученый Карл Гесс пришел к выводу, что пчелы не различают цвета: если поместить их в темную камеру перед двумя источниками света, они всегда направляются к более светлому независимо от его цвета. Вывод казался убедительным: пчелы ведут себя как люди, которые страдают цветослепотой, то есть различают свет по яркости, но не по цвету.

Справедлив ли такой вывод? Карл Фриш, тогда еще молодой исследователь, думал иначе. При всем своем уважении к старшему коллеге он был полон еще большего уважения к возможностям приспособляемости живых организмов; он понимал, что в яркой окраске цветков есть определенный смысл. Чтобы доказать это, он провел несколько опытов с пчелами в их естественной обстановке — на лугу, где они обычно собирают пищу. Вместо источников света, которыми пользовался Гесс, он предлагал им куски картона, окрашенные в разные цвета, включая и серый. Результат был четким и вполне убедительным: собирающие корм пчелы реагируют именно на цвет, в особенности на желтый и синий. В опытах Гесса пчелы не собирали корма, они стремились вылететь из экспериментальной камеры и в этом «мотивационном» состоянии становились безразличными к цвету, реагируя только на более яркий из источников.

Сейчас нам уже известно, что это лишь один из примеров очень распростра-

ненного явления. Подобно профессору в кабинете с тикающими часами, животные не обязательно используют всю ту информацию о внешнем мире, которую способны дать им их органы чувств. Что именно они используют, зависит от того, чем они заняты в данный момент. Значит, для того чтобы понять, как поведением животного управляют внешние стимулы, мы должны изучить не только то, на что животное вообще может реагировать, но и то, на что оно действительно реагирует в каждый данный момент. И тут мы должны не ограничиваться тем, что кажется очевидным, а проанализировать весь мир внешних стимулов, окружающих животного.

И хотя выполнить это удается далеко не всегда, ученые выяснили ряд интересных явлений и разрешили многие проблемы благодаря пусть даже сравнительно немногочисленным экспериментам, проведенным с тех пор, как на эту область исследований обратили серьезное внимание.



БРАЧНОЕ ПОВЕДЕНИЕ БАБОЧКИ-БАРХАТНИЦЫ

Стремясь узнать побольше о том, как самец бархатницы реагирует на самку, Тинберген и его сотрудники провели ряд остроумных опытов. Все они были основаны на хорошо известной повадке самца взлетать при появлении самки и преследовать ее. В опытах использовали разные модели самок, сделанные из бумаги и предъявляемые самцам подобно наживке на удочке.

У бабочки-бархатницы самец в сезон размножения активно преследует самку. Самцы часто отдыхают на коре деревьев или на земле, в сухих песчаных местах. У них великолепная покровительственная окраска; нередко поражаешься, когда с места, где, казалось бы, только что ничего не было, взлетает бабочка — самец делает это всякий раз при виде пролетающей самки. Если самка склонна к спариванию, она садится; самец пристраивается неподалеку и приступает к ухаживанию. Не расположенная к спариванию самка летит дальше, а отвергнутый самец, пролетев за ней несколько метров, садится и ожидает другую.

Что заставляет самца лететь к самке? После серии опытов мы получили довольно неожиданный ответ на этот ключевой вопрос.

Направление наших поисков определялось простыми наблюдениями в естественных условиях. Очень скоро мы заметили, что самец взлетает при появлении не только самки того же вида, но и множества других насекомых — от маленьких мух до бабочек, намного превосходящих величиной самку бархатницы. Некоторые незадачливые самцы пытались даже преследовать птиц размером с дрозда. Еще удивительнее, что они преследовали падающие листья разной величины, формы и окраски и не только листья, но и тень от падающих листьев и даже собственную тень на земле.

Поразительное разнообразие объектов, принимаемых самцами бархатницы за самок своего вида, позволяет нам сделать следующий вывод: во-первых, зрительные стимулы играют в привлечении самцов существенную роль; во-вторых, поскольку направление полетов самцов не зависит от направления ветра и, следовательно, самцы не руководствуются в полете таким фактором, как запах —

химические стимулы никакой роли в привлечении самцов не играют.

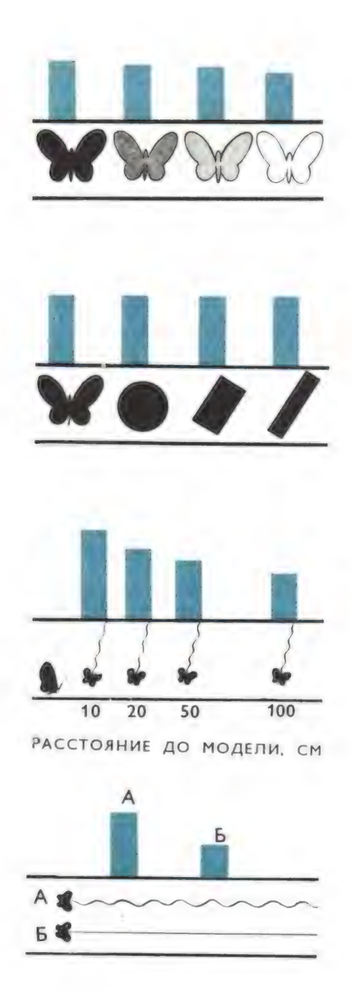
Но если решающий стимул зрительный, как узнать, какой именно зрительный фактор — размер, форма, цвет, движение — или совокупность факторов определяют поведение самца бархатницы?

Изготовив бумажные модели, имитирующие форму бабочек, мы прикрепили их на тонкой леске к гибкому удилищу длиной около метра. С помощью такой удочки можно было заставить модель бабочки проделывать почти любые движения, даже «танцевать» в воздухе по направлению к самцу, что неизменно вызывало четко выраженную ответную реакцию.

После первой серии опытов мы видоизменили свой тест так, чтобы в каждой серии варьировал какой-нибудь один характерный признак. Например, в одной серии модели бабочек отличались цветом, а в другой они были одного размера и цвета, но разной формы, в третьей различались только размером. Вооружившись удочками и приманками, мы рыскали по всей округе в поисках самцов бархатницы. Найдя нужное нам насекомое, мы предлагали ему наши модели стандартным образом, то есть приближались к нему, одинаково двигаясь, с одинакового расстояния, с одинаковой скоростью и при одинаковом освещении, и при этом чередовали модели с равными интервалами в случайной последовательности. Тем самым мы стремились предложить все модели при более или менее одинаковых условиях и оценить, таким образом, насколько эффективно вызывает реакцию преследования каждая модель. Проделывая это последовательно с разными сериями, мы смогли выявить стимулирующее воздействие разных окрасок, форм и размеров.

После почти 50 000 проб такого рода на множестве самцов, находившихся в естественных условиях, стало ясно, что точность воспроизведения облика самки не имеет большого значения. Даже когда мы приклеивали к модели крылья настоящей самки, она привлекала самца не лучше, чем целиком искусственная модель. Реакцию вызывали модели всех цветов, но, как это ни удивительно, привлекательнее всех оказались не коричневые, более похожие на естественную окраску самок, а черные. Вывод — чем темнее окраска модели, тем она привлекательнее — подтвердился и в опытах с серией разных оттенков серого: белый был наименее, а черный — наиболее эффективен.

А что можно сказать о размере? Мы изготовили серию моделей размером от одной шестой самки до превосходящей ее натуральную величину в четыре с половиной раза. Самцы преследовали все модели, но, к нашему удивлению, самые крупные привлекали их больше, чем модели в натуральную величину.



В первой серии опытов сравнивалась привлекательность моделей, воспроизводящих очертания самки и имеющих одинаковый размер, но отличающихся по тону — от черного до белого. Столбиками показано, что самцы реагировали на все модели, но предпочитали более темные. Вторая серия, где сравнивались модели, имеющие форму разных геометрических фигур, показала, что круг и продолговатый прямоугольник не менее привлекательны для самца, чем силуэт самки. В третьей серии исследовали влияние удаленности модели; на приманку, находящуюся в 10 см, самцы реагировали почти вдвое лучше, чем на приманку, удаленную на метр. Последняя серия показала, что подергивание удочки, воспроизводящее танцующий характер движения самки, заметно повышает привлекательность модели по сравнению с ее прямым, ровным перемещением.

Итак, мы установили, что, во-первых, для привлечения самцов существенно движение, во-вторых, темный цвет оказался наиболее привлекательным и, в-третьих, чем крупнее модель, тем лучше реакция. Какова же роль формы?

Оказалось, что форма наименее важна. Мы предлагали самцам модели разной формы, но одинаковые по площади — длинные прямоугольники, в форме бабочки, круглые. Длинные прямоугольники были наименее действенны, но не из-за формы как таковой, а потому что двигались они не так, как модели иных конфигураций, — недостаточно колебались в воздухе.

Поэтому на следующем этапе исследований изучалась роль характера движения. Заставляя модели двигаться по-разному, мы установили, что танцующий характер движения вдвое эффективнее спокойного и ровного.

Наконец, мы изучили роль расстояния: на разном удалении от самца показывали одну и ту же модель. Причем как в случае с «хорошими», так и с «плохими» моделями реакция всегда была тем сильнее, чем ближе модель находилась к самцу.

Сопоставление всех этих данных позволило понять, почему самцы преследуют птиц, падающие листья, тени и множество других объектов, столь отличных от самки. Ни форма, ни цвет не имеют существенного значения, важна величина, темнота объекта, его близость и танцующий характер движения. Но как все это сводится воедино для самца, короче говоря, как он решает, что перед ним самка? Для нас узнавание нередко связано с альтернативным выбором (да — нет): «Это самка» или «Это не самка». У бабочки нет такого четкого разделения. Вместо этого наблюдается целая гамма ответов, как будто некоторые модели кажутся им похожими на самку процентов на 50 или 75, — частота ответа самца зависит от степени сходства привлекающего его объекта с самкой.

Это обстоятельство направило нашу мысль по новому пути: надо говорить не просто о стимулирующем действии каких-то признаков, а о *количественной* стороне этого действия. И белая, и черная модель стимулирует самца, но черная намного сильнее белой. Занимаясь этим вопросом, мы обнаружили, сколь до смешного автоматичным может быть ответ на силу воздействия. Например, слабо привлекательная белая модель вызовет тот же процент реакций, что и черная, если ее показывать на меньшем расстоянии, чем черную. Эффективность белой или маленькой модели также заметно усиливается, если ее заставить «танцевать». Таким образом, недостаточная привлекательность стимула по одному признаку может быть скомпенсирована повышенной привлекательностью по другому. Это выглядит так, словно все стимулы складываются в некоем «сумматоре стимулирования», который и заставляет бархатницу реагировать соответствующим образом.

Другим не менее поразительным открытием оказалось, что некоторые признаки самки, например цвет, совершенно не входят в этот «сумматор». Значит ли это, что самцы не различают цвета? Трудно поверить: как и пчелы, они питаются на цветках, яркая окраска которых, очевидно, имеет какое-то отношение к привлечению бабочек. Мы решили предложить самцам серию наших моделей во время кормежки на цветках, и вот тут-то они повели себя иначе: реагировали почти исключительно на голубые и желтые модели и совершенно не реагировали на серые — верное доказательство того, что у них есть настоящее цветовое зрение.

Иными словами, обратит ли внимание самец бархатницы на цвет объекта или только на степень его светлости, зависит от того, чем он занят в данный момент. Или, в более общих понятиях, состояние самца определяет, какая часть элементов внешней среды получит доступ в его «сумматор стимулирования».

Естественно, было бы интересно знать, столь же автоматичны реакции на внешние стимулы у других животных? Этот вопрос исследовался на многих представителях животного мира и в отношении различных форм поведения.

Разберем охотничьи повадки крупного хищного жука-плавунца. Этот жук охотится на рыб, водных насекомых, головастиков и червей, изредка пожирает падаль. И вместе с тем он удивительно неповоротлив. Хотя у него хорошо развиты глаза и, очевидно, зрение, он не плывет прямо к добыче. Создается впечатление, что он вообще не видит ее. И только уже совсем близко от намеченной цели, по тому, как меняются движения жука, можно догадаться, что он увидел жертву. Какой же именно стимул заставляет плавунца преследовать добычу и пожирать ее?

Выяснить это можно разными способами. Если показать ему заключенного в пробирку головастика, жук не обратит на него никакого внимания и не изменит характера движения, даже наткнувшись на стеклянную стенку. Но если головастика зашить в небольшой кисейный мешочек, полностью скрывающий его от глаз жука, последний начинает энергично реагировать: хватает мешочек передними ногами и кусает его, а если ему случится проплыть под мешочком, он тотчас же устремляется к его дну и порывисто кружится под ним. Такую же реакцию можно вызвать, вливая в сосуд, где плавает жук-плавунец, воду из аквариума с головастиками.

Очевидно, разыскивая корм, плавунец реагирует на химические раздражители — он скорее чует, чем видит, свою добычу. Но, ползая по земле, жук руководствуется зрением и избегает препятствий, даже если они удалены или расположены за стеклом. По сходным признакам можно полагать, что летящий плавунец видит водоемы: он часто садится на стекло, автомашины и другие блестящие поверхности, которые, возможно, путает с водой.

Из всего этого можно заключить, что охотящийся плавунец вообще не прибегает к помощи глаз, — здесь сенсорная информация используется лишь частично.

Вывод, что животное в каждый данный момент не пользуется всей сенсорной информацией, ставит интересную проблему: а что же происходит с неиспользованной частью информации? Когда плавунец ищет пищу при ярком свете дня, его глаза находятся под воздействием света; можно было бы ожидать, что этот входной сигнал будет передан по чувствительным нервам в центральную нервную систему, которая с помощью двигательных нервов, соединенных с мускулатурой, определит кормовое поведение. Но на самом деле у кормящегося плавунца зрительный стимул не преобразуется в движение; действия насекомого не зависят от того, что он видит. Где-то по пути от глаза к двигательным центрам, ведающим охотничьим поведением жука, зрительные сигналы подвергаются действию «цензуры» или подавляются. Как это происходит?

Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны перейти от наблюдения за поведением животного к прямому изучению того, что происходит в его организме. Для этого существуют разные способы. Например, в нервные центры крупных животных можно ввести очень тонкие электроды, которые позволяют зарегистрировать очень слабые электрические токи, вызванные внешними стимулами.

Эксперименты такого рода проводились на кошках. Электроды вводились в нервный центр, непосредственно связанный с ухом. Если метроном тикал рядом с кошкой, то можно было в буквальном смысле слова видеть, что она слышит, ибо на каждый щелчок метронома в нервном центре возникали «потенциалы действия», которые тотчас же регистрировались приборами.

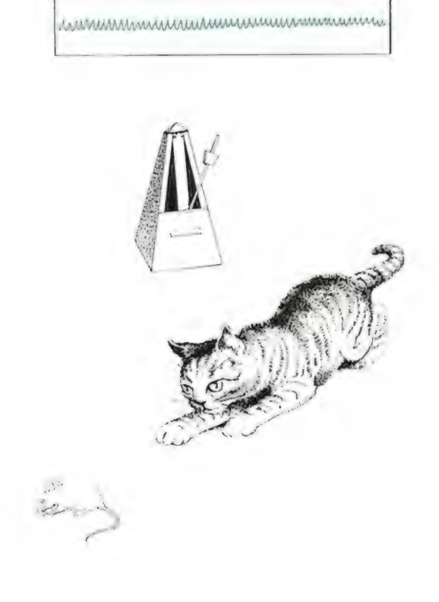
Но вот кошке показали мышь. То, что ее интерес сразу сосредоточился на возможной добыче, понятно. Удивительно другое: в тот же момент исчезли потенциалы действия, хотя метроном тикал, как прежде. Кошка не обращала теперь внимания на то, что ясно слышала до этого момента: каким-то образом посторонние звуки выключились для нее.

Нейрофизиологи называют это явление «гей-



НАСТРОЙКА НА СТИМУЛ

Чтобы не запутаться в потоке многочисленных зрительных, звуковых и иных стимулов, поступающих непрерывно в нервную систему, животные должны обладать способностью выделять лишь наиболее полезные в каждой данной ситуации. Спокойно сидящая кошка хорошо слышит регулярное тиканье метронома возле нее. Но достаточно появиться мыши, и реакция на метроном тут же исчезает. В этом можно убедиться, соединив введенные в головной мозг кошки электроды с регистрирующим прибором.



тинг»*, как если бы какие-то ворота открывались и закрывались, пропуская или останавливая поток информации. Что пропускается, а что нет, по-видимому, зависит от действий или намерений животного — от его мотивационного состояния. Где и как задерживается сенсорная информация, в большинстве случаев неизвестно.

Кошка в эксперименте с метрономом или жук-плавунец в случае с головастиком реагируют на специфические стимулы, выделяя их из целого ряда внешних воздействий, которые достигают их органов чувств. Эти стимулы достаточно важны, чтобы поговорить о них отдельно. Мы называем их сигнальными, или ключевыми, стимулами. Избирательный ответ на ключевые стимулы — широко распространенное явление; насколько широко, мы еще не знаем. Поэтому необходимо более систематически исследовать влияние совокупности стимулов, то есть всей ситуации, на которую реагирует животное. Интересно, что многие животные, в том числе и высокоорганизованные, обнаруживают избирательное отношение к ключевым стимулам еще до знакомства с ними. Эта проблема детально изучалась, в частности, на только что вылупившихся птенцах серебристой чайки.

Обычно проголодавшиеся птенцы клюют красное пятно на нижней стороне желтого клюва родителей, и те в ответ отрыгивают пищу в рот птенцу. Именно это красное пятно вызывает особенно сильную реакцию клевания — на желтый клюв без красного пятна птенцы реагируют в четыре раза реже, клювы с пятнами других цветов стимулируют птенцов чаще, чем однородно желтый клюв, но реже желтого с красным. Искусственные клювы равномерной окраски независимо от цвета вызывают одинаковую реакцию; исключение составляет красный клюв — он вдвое эффективнее всех других. Желтая природная окраска клюва родителей не более привлекательна, чем белая, черная или синяя. Но птенец будет охотно клевать красную вишню, и мне рассказывали случай, когда молодая чайка подбежала на морском берегу к маленькой девочке и стала энергично клевать красную болячку на ее коленке.

Это то, что мы называем «осечкой»: поведение животного не срабатывает в необычных условиях и, таким образом, не приводит к желаемому результату. Чаще всего осечка — результат реакции на ключевой стимул. Когда певчие птицы выкармливают в своем гнезде неестественно большого птенца кукушки, игнорируя собственных, это осечка. Наши знания о ключевых стимулах позволяют объяснить, почему так происходит: хотя кукушонок заметно отличается от птенцов хозяев гнезда, он обладает одной очень важной особенностью — большим клювом и ярко раскрашенным зевом, которые, собственно, и побуждают взрослых птиц совать корм ему в рот. Следовательно, кукушонок выживает потому, что поведение певчей птицы дает осечку. Точно так же ночные бабочки с большими глазчатыми пятнами на крыльях часто остаются невредимыми по той причине, что эти «глаза» вызывают у нападающей птицы испуг.

* От английского слова „gate", что значит „ворота". — *Прим. перев.*

Исследование стимулов, помимо всего прочего, имеет также исключительно важное практическое значение. На севере Швеции, где ловят ценных лососевых рыб, строительство гидроэнергетических станций привело к изменению уровня воды в реках, растительности и даже скорости течения в местах нереста; в новых условиях лососи перестали выметывать икру — рыбе угрожало вымирание. Приглашенный для консультации специалист по поведению животных установил, что лососям необходим гравий, в который они могли бы зарывать свою икру. Мало того, гравий должен быть особого рода, размером приблизительно с грецкий орех. На дно реки насыпали слой гравия, и этой простой меры оказалось достаточно, чтобы спасти лосося.

Возможности практического использования наших знаний о стимулах, воздействующих на животных, велики, но еще недостаточно изучены. В большинстве исследованных случаев они оказались очень перспективными. Например, птичьи крики бедствия гораздо лучше нафталина отпугивают птиц от взлетных дорожек на аэродромах и могут поэтому применяться также на полях и в садах. Министерство земледелия США добилось большого успеха, пользуясь половыми и пищевыми аттрактантами (привлекающими веществами), чтобы обнаружить и уничтожить вредных насекомых вроде непарного шелкопряда в Новой Англии или средиземноморской плодовой мухи во Флориде.

Большинство работ по изучению ключевых стимулов выполнялось с моделями, напоминающими природные объекты: естественно было бы считать, что их воздействие наиболее эффективно. Взяв такие модели за исходные, их затем разными способами меняли, чтобы получить ответ на вопрос: как животное узнает объект? Однако с тех пор, как выяснилась стимулирующая роль отдельных характеристик, таких, как цвет, форма и т. д., разумеется, стали делать модели, сильно отличающиеся от естественных объектов. Ведь самца бархатницы привлекают больше всего модели самки крупнее натуральной величины, а черные модели эффективнее естественных коричневых. Другими словами, мы обнаружили, что можем превзойти природу и создать «сверхнормальный стимул», или «сверхстимул».

Несколько подобных случаев было достаточно хорошо исследовано. Если предложить чайке на выбор яйцо нормального размера и увеличенное, она предпочтет последнее, казалось бы, только для того, чтобы убедиться, что не может даже сесть на него.

Птенцы серебристой чайки, как мы видели, клюют красное пятно на клюве родителей, однако дальнейшие испытания показали, что при этом важен не только цвет, но и степень контраста: они не менее интенсивно клевали макеты клюва с сильно контрастирующими пятнами, например очень светлыми на темном фоне и наоборот. Затем мы нашли, что для птенцов существенна также форма клюва: тонкий клюв более эффективен, чем толстый.

Располагая всеми этими сведениями, мы решили превзойти природу. Изготовили тонкий стержень, окрасили его в красный цвет и нарисовали на нем три четких белых круга. Глазу человека этот стержень вообще не казался похожим на клюв чайки, тем не менее птицы клевали его значительно чаще, чем окрашенный в естественные цвета.

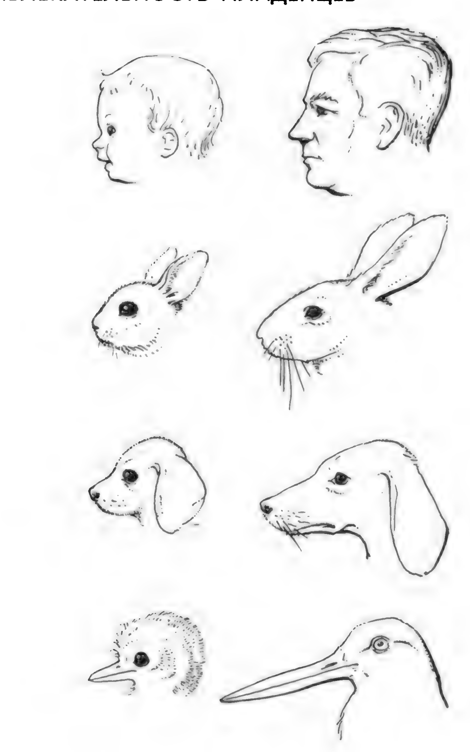
Это явление «сверхнормальности» распространено, вероятно, значительно шире, чем мы себе представляем. Вполне возможно, что многие певчие птицы не только кормят птенца кукушки, но и получают от этого удовольствие из-за его огромного и привлекательного рта. А тот любопытный факт, что у гусениц некоторых видов бражников не по одному, а по два глазчатых пятна на каждой стороне тела, тоже имеет простое объяснение: певчих птиц, которые охотятся за гусеницами, это «сверхнормальное» приспособление, возможно, более пугает, чем нормальный набор пятен.

Относится ли что-нибудь из сказанного к человеку? Поскольку на людях, как правило, не экспериментируют, мы о себе знаем меньше, чем о животных, хотя имеем немало данных и о нашей восприимчивости к «сверхстимулам». У многих животных в мультипликациях Диснея «подчеркнуто детское» выражение физиономии. Художники и скульпторы, изображая человеческое тело, намеренно выделяют то, что их привлекает. А что такое губная помада? Что сказать о нашем отношении к соленому, сладкому или острому? О нашей реакции на алкоголь? Эти вопросы сто́ят того, чтобы их изучать столь же тщательно, сколь тщательно мы исследуем роль сверхстимулов в жизни животных.

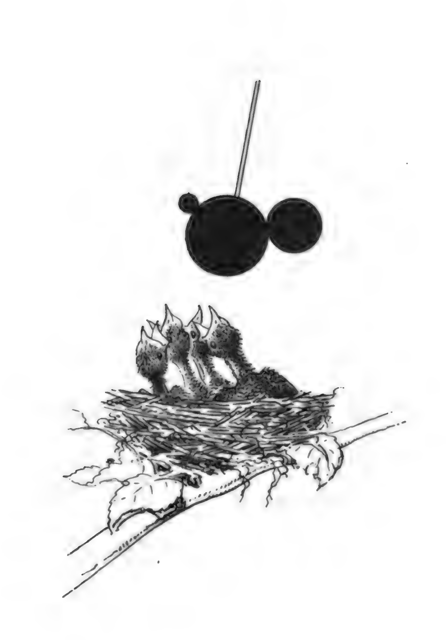
Более детально изучая ключевые стимулы, мы начинаем понимать, что они не так просты, как кажется, и что реакцию животного на них нельзя сравнивать с реакцией, например, автомата на монетку того или иного веса. Простой на первый взгляд стимул может быть очень сложным. Десятидневные дрозды начинают вытягивать раскрытые рты по направлению к голове родителя. Легко убедиться с помощью макетов, что молодые птицы реагируют не на какие-либо специфические особенности взрослой птицы: любой медленно движущийся над птенцами предмет заставляет их раскрывать рты. Исследуем это явление подробнее.

Если в качестве макета воспользоваться плоским круглым диском, который выглядит одинаково, как его ни повернуть, то можно убедиться, что птенцы будут тянуться к той части макета, которая в данный момент находится наверху и где должна была бы быть голова родителя. Но если добавить к диску выпуклость, она станет для птенцов «головой», даже если будет расположена ближе к нижнему краю диска. Интереснее всего, что это можно сказать не о всякой выпуклости. Значение имеет не форма, а размер, причем не абсолютная величина, а *относительная*. «Голова», по размеру почти такая же, как «туловище», видимо, не воспринимается как голова: если птенцам показать диски с двумя головами разных

ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ МЛАДЕНЦЕВ

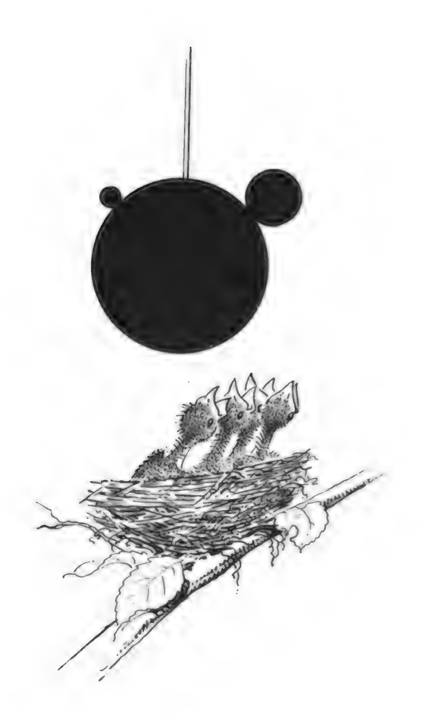


Вызывают ли особенности облика младенца родительские чувства? Есть доводы в пользу этого. Ребенок, зайчонок, щенок и птенец обладают рядом общих черт (ключевых стимулов), пробуждающих родительские чувства, — укороченное лицо, выпуклый лоб, круглые глаза, пухлые щеки. Удлиненные, резко очерченные лица взрослых таких чувств не вызывают. У человека сходную реакцию вызывают куклы и домашние животные.



ГДЕ ГОЛОВА?

Исследуя зрительное восприятие у птенцов дрозда, Тинберген обнаружил, что, хотя птенцы разевают клювы при виде моделей, не имеющих почти ничего общего с обликом матери, они тем не менее обнаруживают отличное понимание того, как соотносятся размеры тела и головы у родителей. На верхнем рисунке птенцы тянутся налево, к маленькой «голове», — каковой она должна быть, судя по размерам «тела». Но в сочетании с «телом» большего размера (внизу) птенцов привлекает «голова» средней величины, идентичная той, которую прежде они игнорировали.



размеров, они потянутся к большей «голове» на большом «туловище» и к меньшей на маленьком.

Важность относительных размеров деталей стимула и их взаимного расположения является, пожалуй, правилом, а не исключением. Пространственные соотношения лежат в основе узнавания форм, а связи во времени — в основе узнавания движений. Оба типа связей могут быть весьма сложными. Какая обработка сенсорных данных делает возможным узнавание лица человека при помощи зрения, а конкретной мелодии на слух? Пока это неизвестно.

Мы начали главу с рассмотрения проблемы, которая на первый взгляд кажется довольно простой: на какие внешние стимулы реагируют животные? И теперь нам ясно, насколько эта проблема действительно сложна. Мы установили, что используется не вся информация, доставляемая органами чувств: часть информации может стать неэффективной в зависимости от того, чем занято животное в данный момент. Не следует забывать также и о том, что даже самые простые разновидности эффективной информации — ключевые стимулы — являются результатом обобщающей (интегративной) деятельности животного. Так, реакция на форму не сводится к простому суммированию активности отдельных чувствительных клеток; мозг сопоставляет полученные данные и устанавливает связь между ними. Поэтому, сравнивая животное с автоматом, следует помнить, что животное — автомат чрезвычайной сложности; попадая внутрь него, каждая монета, или стимул, вызывает далеко не простую работу. Еще очевиднее это становится, если учесть, что эффективность стимула зависит не только от него самого, но и от состояния, в котором находится животное. А это состояние, как мы увидим дальше, беспрерывно меняется.

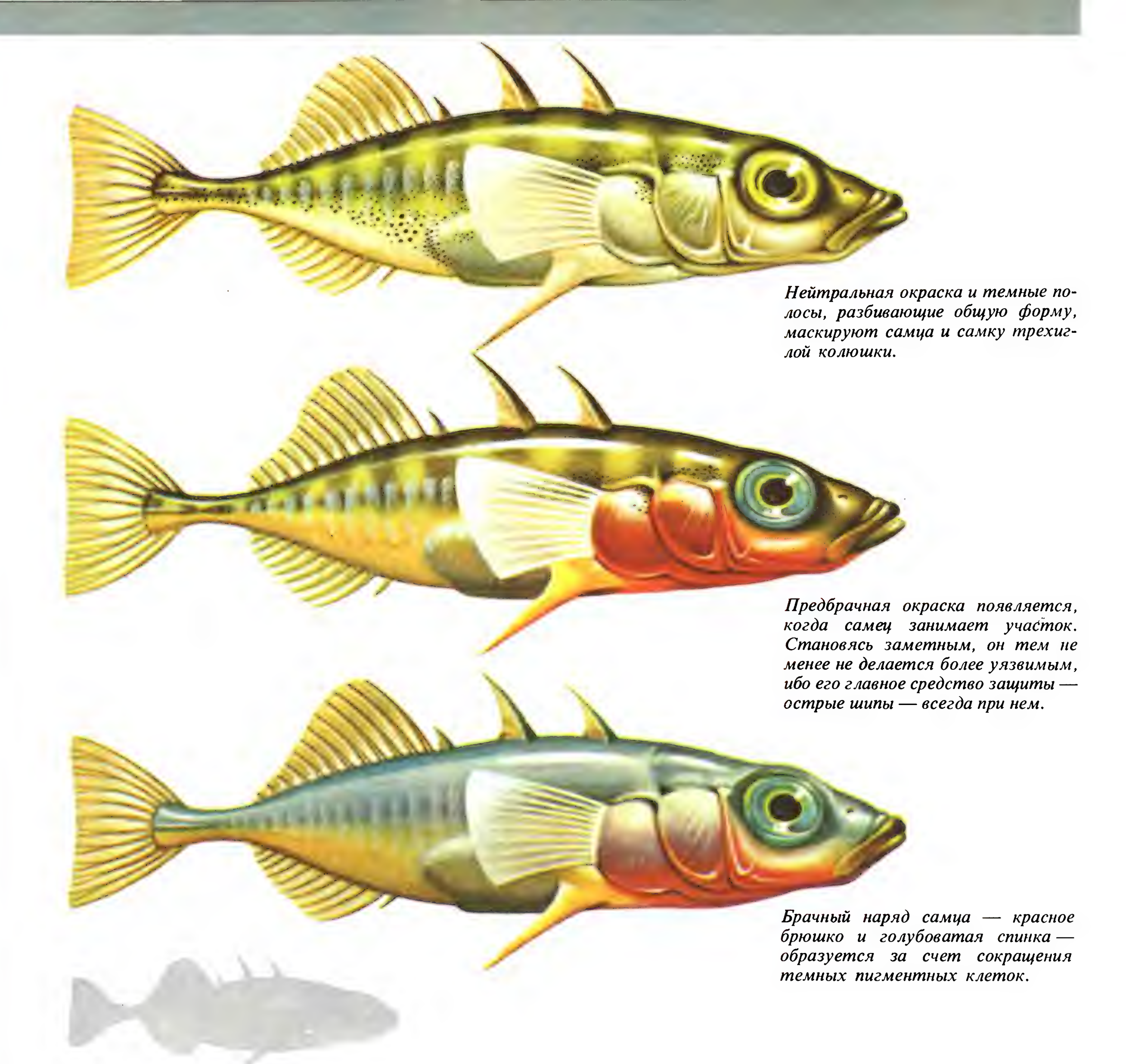
Сколь ни удивительны рассматриваемые нами процессы восприятия, но то, чего в конце концов достигают с их помощью животные, представляется намного более примитивным, чем наши собственные возможности, ибо, как мы видели, поведение животных иногда дает осечку гораздо сильнее выраженную, чем это бывает в нашем поведении. Впрочем, оценивая это явление, мы не должны забывать, что большинство осечек происходит при нарушении привычной для животного обстановки. Как ни рискованно, казалось бы, полагаться на систему ключевых стимулов, фактически этот риск невелик, и мы должны признать, что система работает исключительно хорошо. Да и нам не следует быть слишком высокого мнения о собственном поведении. Наблюдатель с Марса, увидев, как старая дева целует своего мопса, вполне резонно посчитал бы это примером осечки, и вряд ли мы стали бы оспаривать его мнение.



Голодный птенец серебристой чайки инстинктивно клюет красное пятно на клюве родителя, что заставляет того отрыгнуть корм.

СИМВОЛЫ В ПОВЕДЕНИИ

Самое важное для изображенного на рисунке птенца — красное пятно на клюве родителя. Именно этот знак вызывает реакцию клевания у птенца, а клевание в свою очередь вызывает реакцию кормления со стороны родителя. С помощью такого рода символов взаимодействуют многие животные, поведение которых определяется внутренними потребностями и запускается приходящими из внешнего мира сигналами.



Нейтральная окраска и темные полосы, разбивающие общую форму, маскируют самца и самку трехиглой колюшки.

Предбрачная окраска появляется, когда самец занимает участок. Становясь заметным, он тем не менее не делается более уязвимым, ибо его главное средство защиты — острые шипы — всегда при нем.

Брачный наряд самца — красное брюшко и голубоватая спинка — образуется за счет сокращения темных пигментных клеток.

КОЛЮШКА В НАТУРАЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ

Знакомство с колюшкой

Для случайного наблюдателя трехиглая колюшка — ничем не примечательная маленькая серовато-зеленая рыбка, но для тех, кто изучал ее в лабораторных условиях, это поразительная рыбка, одна из тех, что позволили разрешить несколько загадок в поведении животных. Анализ ее поведения в период размножения открыл важность некоторых простых стимулов — так называемых ключевых стимулов — в запуске реакций самца и самки.

Но для того чтобы эти стимулы стали действенными, рыбы должны быть готовыми к размножению. Это случается весной, когда постепенное увеличение продолжительности дня стимулирует железы, выделяющие половые гормоны, что приводит к миграции колюшки из глубоких мест в пресных водоемах или прибрежных участках моря, где они зимуют, в мелкие пресноводные нерестилища. Здесь под действием температуры и доступности пригодных для устройства гнезда мест самец меняет окраску. Его красное брюшко становится первым из тех нескольких «символов», которые направляют поведение самцов и самок в течение всего периода размножения.



Сигналы, адресованные друг другу

Самец трехиглой колюшки (1) пока еще в защитном зимнем одеянии уплывает из стаи, чтобы занять собственный гнездовой участок. Приобретая предбрачную окраску, он становится все более агрессивным, готовым защищать свой участок от всех других самцов колюшки, а на этом этапе даже от самки. Его способы защиты различны. В данном случае (2) он принял позу угрозы: демонстрирует свое красное брюшко — сигнал (ключевой стимул), который отпугивает других колю-

ПРОДОЛЖЕНИЕ СХЕМЫ СМ НА СТР 70—71



шек. Если владения в безопасности, самец приступает к постройке гнезда. Сначала он делает небольшое углубление в песчаном дне (3). Заполнив образовавшуюся ямку кусочками водорослей и других растений, самец плавает взад и вперед над кучкой собранного материала (4) и выпускает на нее клейкие выделения почек. Укрепив таким образом гнездо, он проделывает в нем туннель (5). Затем самец претерпевает еще одно изменение окраски и готов к спариванию с самкой; его ярко-красное брюшко и голубоватая спинка являются стимулом, привлекающим будущую партнершу. Возбужденный в свою очередь видом самки, брюшко которой раздулось от созревшей икры, самец начинает зигзагообразный танец ухаживания (6), во время которого он слегка касается брюшка самки своими шипами (7). Увидев знак благосклонности со стороны самки — она принимает наклонную позу со слегка приподнятой головой, — самец показывает ей путь к гнезду. Затем, поворачиваясь на бок и направляя рыльце внутрь гнезда, самец показывает самке вход (8). Как только она проникла в гнездо, самец начинает тыкаться голо-

вой в основание хвоста самки, что побуждает ее метать икру (9). Когда икра отложена и самка выскользнула из гнезда, самец заплывает в него и осеменяет икринки (10). Повторив это с несколькими самками — обычно двумя или тремя, — он начинает движениями плавников пропускать через гнездо свежую воду, аэрируя тем самым икру (11). Когда примерно через неделю вылупляется молодь, самец охраняет ее (12). Если мальки отплывают слишком далеко, отец подхватывает ртом отбившихся от стаи и водворяет их на место.



Пусковые устройства в поведении

Полнота наших знаний о поведении колюшки лишний раз подчеркивает их скудость в отношении других животных, даже таких низкоорганизованных, как одноклеточная амеба. По мере развития исследований обнаруживаются поразительные факты, показывающие, как много реакций, ранее непонятных, может основываться на действии стимулов, столь неуловимых, как молекулы пахучих веществ или инфракрасное излучение. Запахи имеют исключительно важную роль в запуске поведения у многих насекомых. Похоже, например, что весь «язык» муравьев состоит из запахов. Муравьи не только прокладывают пахучий след, по которому их сородичи могут найти




Последовательность микрофотографий показывает, как амеба, реагируя на пищевой стимул, выпускает ложноножки, или псевдоподи

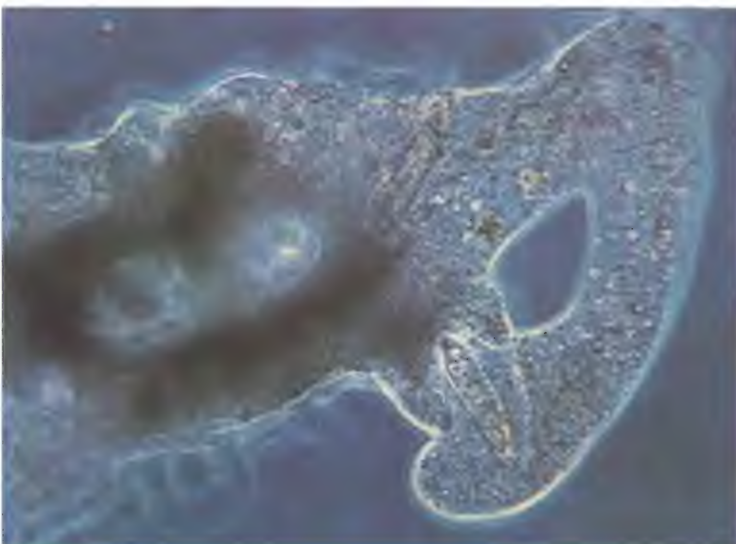




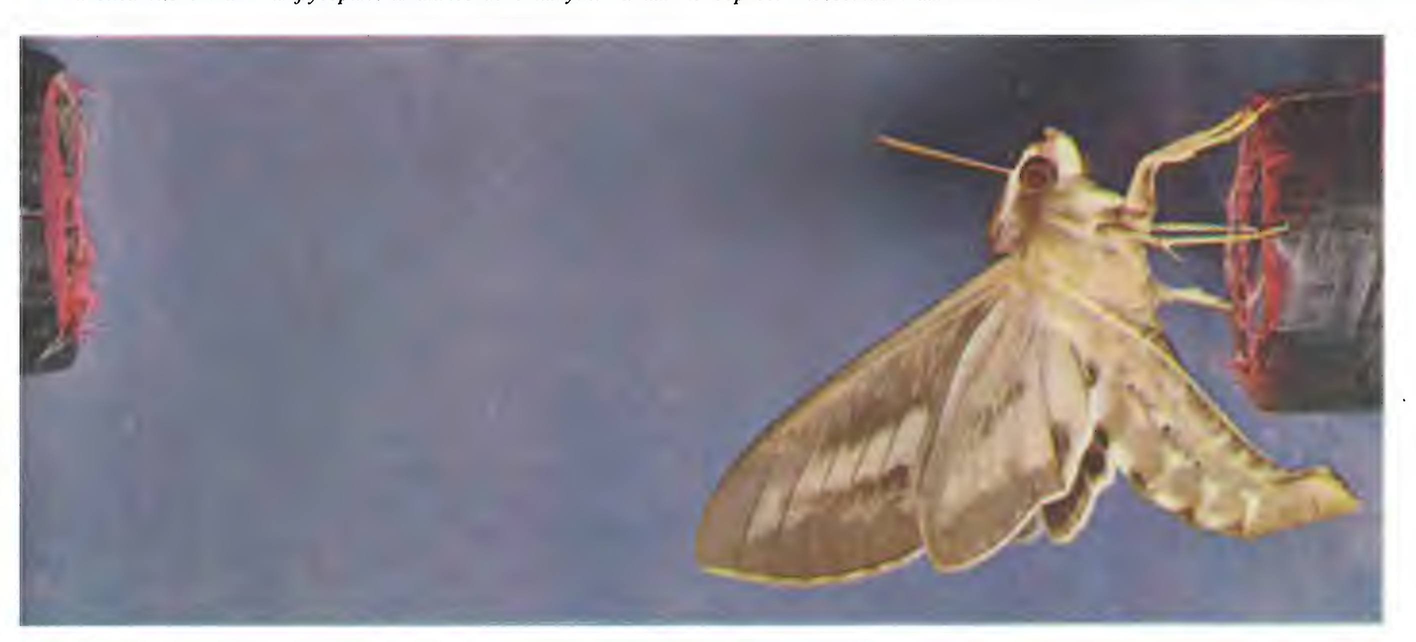
Два пучка волосков на каждой стороне брюшка, которые выпускает самец тропической бабочки Lycorea ceres, в развернутом состоянии издают сильный мускусный запах. Ухаживающий самец касается в полете этими кисточками усиков (антенн) преследуемой самки. Это побуждает ее сесть на листву, где ухаживание может быть продолжено. Поскольку пойманный самец тоже выпускает свои кисточки (на фотографиях его держат пинцетом), можно предположить, что эта реакция служит и иной цели — вызвать испуг у преследователя или подействовать отпугивающим образом на его обоняние.

путь к корму, но и выделяют сигнализирующее об опасности вещество, и этот сигнал, передаваемый от одного муравья другому, в конце концов приводит в тревожное состояние весь муравейник. Есть основания полагать, что и взаимодействие рабочих муравьев, взаимный туалет, обмен пищей и многие другие виды деятельности муравьев также определяются выделениями специальных веществ. Большие возможности химической сигнализации ярко подтверждаются действием половых аттрактантов, выделяемых самками некоторых ночных бабочек. Подсчитано, что 0,01 микрограмма этого вещества достаточно, чтобы возбудить миллиард самцов.





и охватывает ими инфузорию. Химические стимулы каким-то образом позволяют амебе отличить съедобное от несъедобного.



Привлеченный невидимыми тепловыми лучами, бражник принимает позу спаривания на излучателе инфракрасного света. Существует представление, что некоторые ночные бабочки, отыскивая друг друга и растения, на которых они кормятся или откладывают яйца, руководствуются теплом, или инфракрасным излучением. Возможно, именно инфракрасное излучение помогает самцу отыскивать самку, температура тела которой поднимается во время полета.





Забравшиеся в громкоговоритель самки кузнечиков тщетно пытаются найти источник звука, который заставил их приползти сюда по горячему песку. Они слышат и звуки обычной высоты, и ультразвуки.



Музыкальный инструмент самца расположен на спине. Это видоизмененные крылья, которые при трении одно о другое издают звук, усиливаемый и направляемый параболическим отражателем.

Призывная песнь любви

Звук — довольно обычное средство сигнализации. У птиц песня самца привлекает самку и отпугивает соперников. Следовательно, она действует как сигнал для птиц своего вида. Такую же роль играет стрекотание, например, у кузнечика *Ephippiger bitterensis*.

Из года в год весной на Средиземноморском побережье самцы этого кузнечика призывают самок звуками, которые они издают расположенными на спинке стридуляционными органами (органами стрекотания), и самки спешат к ним, карабкаясь через препятствия на своем пути, все быстрее и быстрее по мере приближения к самцам. Но несколько лет назад в дюнах близ Монпелье самцы столкнулись с удивительным соперником: самки, не обращая никакого внимания на стрекотание самцов, спешили к бибикающим громкоговорителям, чирикающим свистулькам и иным источникам разнообразного шума. Это группа французских ученых анализировала песню *Ephippiger bitterensis*, воспроизводя ее с помощью привезенного оборудования.

Они обнаружили, что самки реагировали почти на любой резкий звук, даже на хлопанье ладошами. Похожесть звуков не имела значения. Важна была лишь резкость (четкость начала и конца звучания) и быстрота, с которой звук прерывался и возобновлялся. Занятно, что самки до тех пор не реагировали на искусственные звуки, пока те не начинали превосходить по громкости песню самца на 15—25 децибел.



Ритмическое посвистывание позволяет приманить самку кузнечика. В качестве источников звука в дело идут манки для птиц и даже полицейские свистки.



Модели яиц, использовавшиеся в опытах с серебристой чайкой, включают образцы разной формы из дерева и стекла. Раскраска варьирует от бледных пятен до четких горошин.

Яйцо и сверхъяйцо

Как и самка кузнечика, серебристая чайка тоже реагирует на сверхнормальный искусственный стимул с исключительно интересным и поучительным результатом. Если чайке-наседке предложить на выбор яйцо нормального размера и деревянное, во много раз крупнее естественного, птица предпочтет большое яйцо. Почему это так, еще не до конца понятно. Ясно лишь, что в этом явлении участвуют разные стимулы, а не одна какая-то особенность яйца; его цвет, пятнистость, форма и размер лишь в совокупности составляют для

чайки яйцо и запускают соответствующее поведение птицы. Чтобы оценить относительное значение всех этих особенностей в узнавании яйца, голландские исследователи провели остроумный эксперимент, основанный на склонности насиживающей чайки возвращать на место яйцо, случайно выкатившееся или вытолкнутое из неглубокого гнезда. Пока птица отсутствовала, ученые подменяли настоящие яйца образцами из коллекции. Как правило, их клали каждый раз по два и не в середину, а на край гнезда, тем самым побуждая вернувшуюся чайку сделать выбор и проявить свое предпочтение. Модели яиц были испытаны во всех возможных сочетаниях.

Анализ результатов показал, что чайки предпочитают крапчатые яйца равномерно окрашенным, округлые — угловатым и крупные — маленьким; причем, чем крупнее искусственное яйцо, тем больше оно привлекало птицу. Однако из всех варьировавших в опыте зрительных стимулов самыми существенными в узнавании яйца оказались форма и размер.

В своем гнезде на одном из островов Северного моря серебристая чайка рассматривает два раскрашенных деревянных яйца, одно нормального размера, другое в 20 раз крупнее. Не обращая внимания на нормальное по величине, чайка пытается насиживать более крупное яйцо, рискуя свалиться с него.





Странные результаты внутреннего конфликта

Что происходит, когда разные стимулы действуют не в одном, а в противоположных направлениях? Как и следовало ожидать, животное испытывает замешательство и выходит из этого положения, казалось бы, совершенно не соответствующим ситуации образом. Например, самец колюшки атакует другого самца, вторгшегося на его гнездовой участок, но если встреча произошла на границе их участков, то они оба будут испытывать одновременно побуждение и драться, и бежать. Так как эти побуждения противоположны, самцы могут начать рыть ямки, то есть заняться деятельностью, связанной с устройством гнезда и проявляющейся в данном случае лишь как выражение их внутреннего эмоционального конфликта.

Сходным образом самка кулика-сороки, увидев себя в зеркале, бросается в драку, но, убедившись, что ее противник не убегает, приходит в замешательство. Птица замирает, принимая характерную для сна позу.

Распушив оперение, самец японской белой цапли угрожает появившейся на его участке самке. Чтобы образовалась пара, самка должна проявить терпение и дождаться, пока самец успокоится и разрешит ей остаться в пределах его гнездового участка. Только тогда последует активное ухаживание.



Увидев собственное отражение в зеркале, самка кулика-сороки немедленно бросается в атаку на «пришельца».



Убедившись, что ее удары не достигают цели, самка прячет клюв под перья на спине (как во время сна), но держит глаза открытыми.



Лишенная цыплят наседка держит под крыльями двух сирот-котят. Приемышей вполне устраивала такая опека, и они играли со старой курицей, как если бы это была кошка, — даже вылизывали ее оперение.



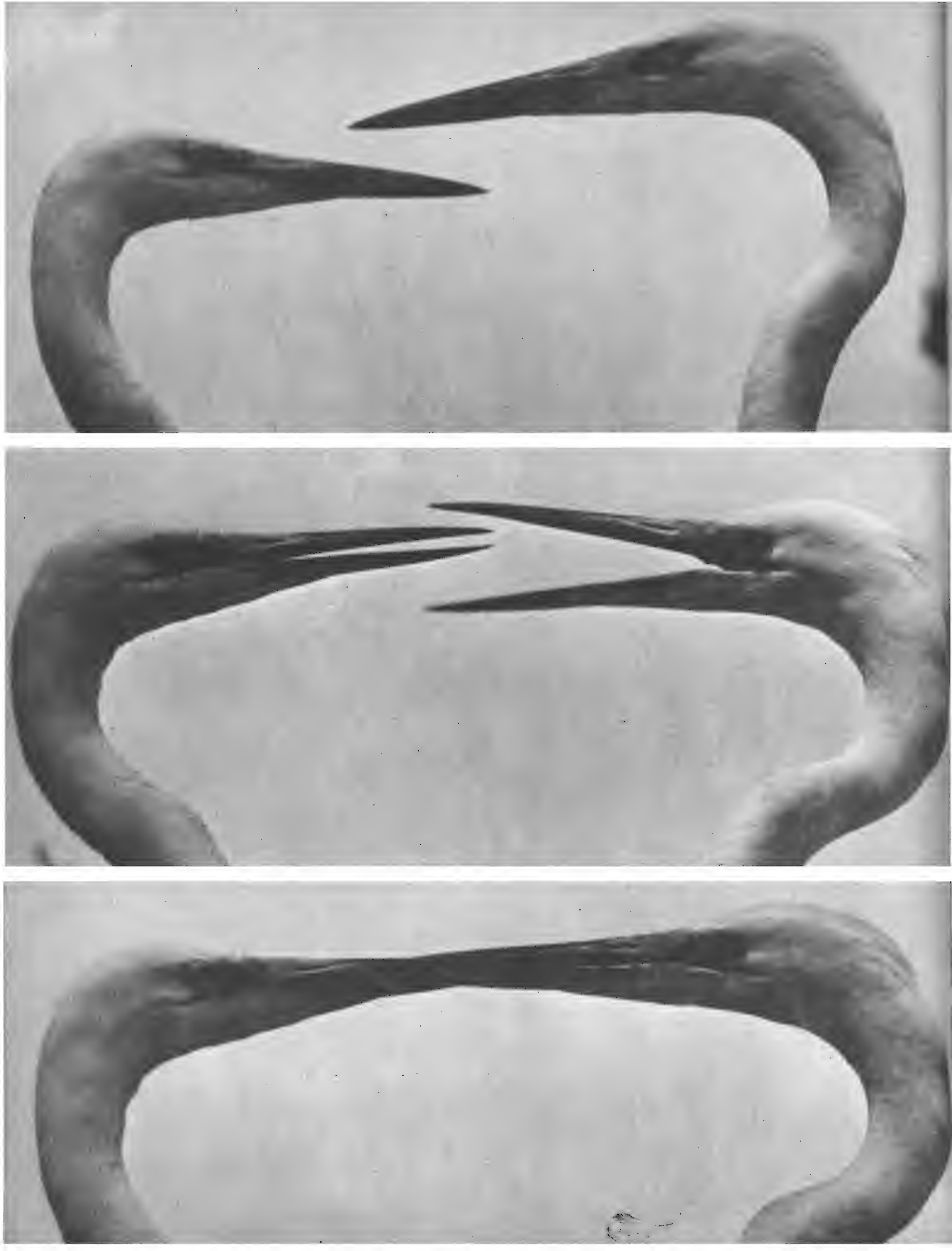
Кардинал кормит насекомыми ручных золотых рыбок, плавающих у поверхности водоема в ожидании угощения. Это кормление продолжалось несколько недель и, возможно, было связано с тем, что гнездо птицы было разрушено.

Ошибочное сходство

Поскольку большинство животных реагируют лишь на немногие стимулы из множества возможных в каждой данной ситуации, они иногда ведут себя, казалось бы, совершенно неподходящим образом. Классическим примером того, как поведенческий механизм «дает осечку», служит поведение певчих птиц, которые не только высиживают чрезмерно большие яйца обыкновенной кукушки, но и выкармливают ее чрезмерно больших птенцов, хотя те выбрасывают из гнезда их собственные яйца и даже птенцов. Несмотря на гибель собственного выводка, родителями продолжает руководить инстинкт выкармливания. Как и кардинал, кормящий рыбу, они при виде широко раскрытого рта делают то, что приказывает им ключевой стимул — заталкивают в него насекомое.

Ухаживание за животными можно рассматривать как одно из проявлений материнского инстинкта.





Белые цапли обмениваются церемонными «поцелуями», устраняющими недоверие между самцом и самкой. Этот ритуал представляет собой результат переплетения внешних воздействий и внутренних побуждений.

4

Механизмы поведения

Поразительная способность животных воспринимать внешние воздействия может навести на мысль, что их поведение полностью регулируется извне, что животные представляют собой не что иное, как «рефлекторные автоматы», всего лишь рабы внешнего мира, хотя и сложноорганизованные. Именно это утверждали раньше некоторые биологи.

Теперь мы знаем, что дело обстоит не так просто и поведение животного зависит как от внешних факторов, так и от внутренних. Возьмем хотя бы самый обычный пример: сытое животное отказывается даже от лакомой еды. Это — проявление весьма общей закономерности. Наблюдая поведение животного в одной и той же обстановке, но в разное время, мы видим все переходные степени в его ответных реакциях — от самой сильной до полного ее отсутствия. И наоборот, сравнение повторных реакций животного на естественные воздействия в различных ситуациях показывает, что иногда для реакции, обычно вызываемой очень сильным воздействием, достаточно самого слабого стимула.

Порой животное, несмотря на полное отсутствие стимулов, обычно вызывающих определенные действия, тем не менее совершает их. Мухам свойственно очищать крылышки от налипших пылинок, но почему же особи, потерявшие крылья, даже мутанты, у которых вообще никогда не вырастают крылья, регулярно проделывают те же движения, так сказать, вхолостую? Поскольку мы не можем обнаружить видимых причин, которые побуждали бы муху чистить отсутствующие крылья, такая форма поведения выглядит полностью спонтанной. Но этот вывод, как и любой другой, основанный на подобных наблюдениях, слабо аргументирован. Чтобы действительно доказать, что именно внутренние факторы вызвали у животного подобное «действие вхолостую», нужно обратиться непосредственно к изучению этих внут-

ренних факторов, то есть познакомиться с физиологической организацией животного.

К числу наиболее известных внутренних агентов принадлежат гормоны. Эти химические вещества, выделяемые в кровь железами внутренней секреции, не только стимулируют определенные ростовые процессы, но также влияют и на многие формы поведения. Например, гормоны, вырабатываемые половыми железами позвоночных, необходимы (хотя их одних и недостаточно) для проявления всех форм брачного поведения: лишенные половых гормонов, кастрированные, петухи не кукарекают и не спариваются, а кастрированные самцы колюшки не строят гнезд. Но достаточно таким животным ввести мужской половой гормон, и их поведение снова станет таким же, как у нормальных самцов.

Значение гормонов так велико, что их изучение выросло в отдельную науку — эндокринологию. Известно, например, что формы поведения, связанные с размножением, регулируются целым набором гормонов, вырабатываемых половыми железами и гипофизом — маленькой железой, расположенной под головным мозгом, в основании черепа. Некоторые гормоны гипофиза в первую очередь стимулируют выделение половых гормонов, совместное же действие тех и других проявляется по-разному. Такие формы поведения, как брачные игры, бои между самцами, охрана гнезда, проявляются у большинства животных, как правило, только в том случае, если и половые гормоны, и гормоны гипофиза поступают в кровь в правильной последовательности.

Другим источником внутренних стимулов являются рецепторы. Так, например, мочеиспускание у млекопитающих начинается в тот момент, когда чувствительные рецепторы в стенках мочевого пузыря сигнализируют о возросшем натяжении стенок и, следовательно, о наполнении пузыря. Сходным образом дыхание учащается, когда дыхательные центры продолговатого мозга сигнализируют об избытке углекислоты в крови. Функции многих аналогичных внутренних датчиков также непосредственно связаны с поведением.

Но являются ли гормоны и внутренние сенсорные стимулы единственными источниками спонтанного поведения? Всегда ли центральной нервной системе нужен специфический стимул пусть даже от какого-нибудь внутреннего агента, чтобы вызвать определенное поведение? Или она может вызвать его по собственной инициативе? Такие вопросы проще задавать, чем отвечать на них. Известно, например, что в изолированных кусочках мозговой ткани при определенных условиях наблюдаются ритмические разряды импульсов, сходные с теми, которые регистрируются у животного в норме. Этот факт подтверждает мысль, получающую теперь признание, что нервная система — нечто большее, чем просто рефлекторная машина. Вполне возможно и даже вероятно, что многие части нервной системы имеют некоторую постоянную «импульсацию покоя». Но это отнюдь не значит, что спонтанная нервная активность абсолютно независима от внешних по отношению к нервной системе условий. Так, совершенно необходимо, например, постоянное нормальное снабжение нервных клеток кровью и кислородом.

От ритмической импульсации изолированного кусочка нервной ткани, конечно, далеко до действий мухи, очищающей несуществующие крылья, и еще дальше до поведения кошки, которая, не проголодавшись, отправляется на охоту. Опытным путем очень трудно выяснить, участвует ли (а если да, то каким образом) спонтанная нервная активность в сложном поведении, но есть много доводов в пользу того, что нервная система не является пассивной структурой, ожидающей специфической команды, а сама решает, следует ли ей дожидаться такой команды или же управлять поведением по собственной инициативе.

Когда мы говорим о внутреннем контроле поведения, нужно помнить, что имеются в виду исключительно внутренние процессы, непосредственно предшествующие действию животного. Однако эти процессы в свою очередь часто определяются внешними условиями. Гормоны, выделяемые гипофизом и половыми железами, определяют поведение животного в период размножения, но выделение этих гормонов зависит, по крайней мере частично, от внешних событий, например от времени года. У многих позвоночных, обитающих в умеренной зоне северного полушария, при искусственном содержании в условиях характерного для зимы короткого дня не обнаруживается нормальной весенней активности этих желез, даже если весна давно наступила. Но если тех же животных содержать в условиях постепенно увеличивающегося светового дня или при постоянном чередовании 16-часового дня и 8-часовой ночи, их гипофиз и половые железы начнут выделять гормоны — животные станут размножаться даже среди зимы.

Механизмы действия таких гормонов на поведение далеко не просты. Примером может служить кормление птенцов у голубей. Взрослые птицы кормят свое потомство, отрыгивая «зобное молочко» — богатое протеинами вещество, которое вырабатывают железы зоба. Зимой эти железы бездействуют, но, когда гипофиз начинает выделять гормон пролактин, они активизируются. А так как время кормления птенцов совпадает у голубей с повышением содержания пролактина в крови, можно было бы подумать, что именно пролактин вызывает отрыгивание. На самом же деле

пролактин провоцирует отрыгивание лишь постольку, поскольку способствует наполнению зоба «зобным молочком», а само отрыгивание как процесс кормления происходит только в том случае, если птенец слегка надавит клювом на зоб взрослой птицы. Зимой голуби тоже могут отрыгнуть молочко или полупереваренную пищу, если только надавить на наполненный зоб, но обычно этого не происходит, поскольку нет птенцов, провоцирующих такую реакцию. Следовательно, именно одновременное присутствие птенцов и натяжение зоба вызывают у родителей акт кормления. Таким образом, поведение полностью обусловлено внешними или внутренними причинами, а в большинстве случаев — сочетанием тех и других.

Но давайте рассмотрим теперь те конкретные формы поведения, которые животные выполняют в ответ на разного рода воздействия извне. При детальном изучении они представляют поразительно сложную цепь больших и малых событий. Например, поведение многих птиц в период размножения начинается с того, что самец занимает территорию и изгоняет соперников, после чего к нему присоединяется самка. За этим следуют спаривание, постройка гнезда, насиживание яиц и наконец выкармливание птенцов. Все эти процессы запускаются удлинением светового дня, которое стимулирует деятельность гипофиза. Но реакция гипофиза — всего лишь первое звено в длинной цепи фаз размножения. Чтобы понять всю последовательность цикла поведения, мы должны, очевидно, знать не только что послужило первым толчком, но и то, каким образом птица в соответствующее время включается в нужную фазу.

Посмотрим, как это происходит на одной из стадий репродуктивного цикла — при постройке гнезда. Самка канарейки, как и многие другие певчие птицы, строит гнездо в два этапа. Сначала из травинок или чего-нибудь похожего строится основная чаша гнезда, которая позже выстилается перьями. По мере того как работа движется вперед, птица собирает все меньше травы и все больше перьев. Мы знаем, что гнездостроительная деятельность в целом находится под контролем гормонов: ведь известно, что птицу можно заставить строить гнездо в необычное время путем инъекции ей полового гормона самки. Однако переключение с травинок на перышки регулируется не самим гормоном, а внешними стимулами: когда самка в перерывах между собиранием строительного материала отдыхает в гнезде, она натыкается на жесткие травинки. В другое время птица не была бы так чувствительна к этому, но по мере приближения времени откладки яиц она начинает терять перья на брюшке. Выпадение перьев вызывается гормоном, выделение которого обусловлено и присутствием самца, и самим процессом постройки гнезда. Взаимодействие этих факторов приводит к образованию наседного пятна, которое начинает усиленно снабжаться кровью, и самка получает возможность согревать яйца, когда начнется насиживание. Вместе с тем наседное пятно делается все более чувствительным к прикосновению. В результате стимулирующее воздействие со стороны гнезда возрастает и самка переключается на собирание перьев. Выстилая чашу гнезда мягким материалом, птица, естественно, избегает неприятных ощущений.

Это лишь один из многих процессов, регулирующих правильное протекание процесса размножения. Весь механизм в целом прекрасно согласован: выделение гормонов и внешние стимулы, непрерывно взаимодействуя, приводят на каждом этапе к нужному поступку. Только длинная серия опытов раскроет все эти взаимосвязи, общая картина которых постепенно вырисовывается перед нами.

Но и каждая фаза в свою очередь является сложной цепью действий. Она складывается из различных циклически повторяющихся стереотипных актов: строящая гнездо птица отправляется на поиски строительного материала, находит его, возможно, оценивает его пригодность и либо бросает, либо забирает. Затем летит к гнезду и вплетает подобранный материал с помощью ряда движений: засовывает его в край постройки или уминает дно ногами, формируя тем самым чашу гнезда. Проделав все это, самка начинает весь цикл снова, отправляясь за следующей партией материала.

Обычное поведение животных в значительной степени состоит из таких циклов, которые являются повторяющейся серией сравнительно простых актов. В нескольких случаях мы знаем, чем определяются эти так называемые «цепи действий». Первая стадия обычно спонтанна — скажем, внутренние причины побуждают голодное животное отправиться на поиски пищи еще до того, как оно увидело, учуяло или услышало ее. Эта стадия весьма изменчива по форме и длительности. Она продолжается до момента, когда животное обнаружит разыскиваемый корм.

И если это так называемое поисковое поведение определяется внутренними стимулами, то переключение на дальнейшие акты часто обусловлено специфическими внешними воздействиями. Самка роющей осы, с которой я проводил опыты по узнаванию формы, детально описанные в одной из предыдущих глав, продемонстрировала несколько блестящих примеров этого. Когда оса, отправляется на охоту, чтобы сделать запасы корма, она летит туда, где медоносные пчелы собирают нектар. Там оса беспорядочно перелетает от куста к кусту, пока не встретит свою жертву — пчелу

(эту осу часто называют пчелиным волком). Увидев добычу, оса летит прямо к ней и занимает позицию в восьми или десяти сантиметрах с подветренной стороны. Это действие, так же как и вся предыдущая охота, контролируется с помощью зрения. Но пчела, видимо, еще не опознана: осу привлекают (и заставляют занять ту же позицию) и муха, и даже щепочка, болтающаяся в паутине.

И тут мы вступаем в новую фазу цикла. Несколько секунд оса выжидает, затем внезапно бросается на свою жертву. Этот рывок — химически вызванный ответ на специфический запах пчелы. Если осу привлекло другое насекомое или внешне похожий, но лишенный пчелиного запаха макет, то она не набросится на него, а после нескольких секунд выжидания просто улетит. Но если придать макету запах пчелы, тогда он окажется «в руках» у осы. Схватит оса и мертвую пчелу, подвешенную на нити, но не тронет пчелы, которую лишили запаха с помощью эфирной ванны.

Схватив насекомое, оса быстро поворачивает его брюшком к себе и убивает, жаля в «подбородок». На этот раз действие вызывается тактильным стимулом, то есть стимулом, связанным с прикосновением. Макет должен не только выглядеть и пахнуть, как пчела, но и на ощупь быть более или менее похожим на пчелу: оса ужалит пахнущую пчелой муху, но не тронет палочку с тем же запахом.

Переключаясь с одного действия на другое, животное каждый раз реагирует на качественно новый раздражитель. Но следует отметить, что, даже в том случае, если все эти стимулы исходят от одного и того же объекта, животное на каждой стадии избирательно реагирует лишь на какой-то один ключевой стимул, оставляя без внимания остальные. Понятно поэтому, что специфическая настройка механизмов, ответственных за выбор поступающих сенсорных сигналов (или гейтинг), о которой уже говорилось в предыдущей главе, меняется от момента к моменту при прохождении животным определенной цепи действий.

Итак, мы уже достаточно далеко продвинулись в нашем исследовании поведения, во всяком случае, подошли к пониманию отдельных фаз передвижения — хождения, плавания и полета. Эти фазы также представляют собой последовательность действий, которую можно разделить на отдельные акты и проанализировать. Что заставляет животное двигать ногами в том или ином ритме? Что заставляет плавник рыбы ритмически изгибаться то влево, то вправо? Что управляет чередованием подъемов и опусканий птичьего крыла?

Фактически и эти движения часто находятся как под внешним, так и под внутренним контролем. Механизм передвижения дождевого червя служит тому хорошим примером.

Тело дождевого червя состоит из ряда сегментов, которые у ползущего животного поочередно сокращаются и вытягиваются. От переднего конца тела к заднему пробегает волна сокращений. Благодаря тому что каждый сегмент снабжен торчащими щетинками, которые препятствуют скольжению назад, сокращения приводят к поступательному движению. Уже давно установлено, что, если разрезать червя на две половины, передняя будет ползти вперед, а задняя — только извиваться. Но если привязать нитью последний сегмент передней части к первому сегменту задней, то задняя половина тоже поползет, как только нить растянет ее первый сегмент. Отсюда сделали вывод, что каждый сегмент, сокращаясь, механически растягивает следующий, за счет чего и осуществляется передвижение.

Однако сейчас уже известно, что волна сокращений будет пробегать от передней части тела червя к задней и в том случае, если чувствительные нервы всех сегментов перерезаны и центральная нервная система не получает сигналов от растянутых сегментов. Следовательно, чередование сокращений регулируется двумя путями, а поведение определяется совместным действием двух регулирующих механизмов. Сходным, хотя и не вполне идентичным образом регулируется и колебательное движение хвоста плывущей рыбы (частично благодаря процессам, происходящим в нервной системе, частично благодаря цепям рефлексов). В этом случае чередуются волны сокращений мускулатуры левой и правой стороны туловища.

Будучи однажды вызванными, отдельные акты могут привести к выполнению всей цепи последовательных действий уже без контроля извне. Животное, начавшее бег при появлении опасности, продолжает его и без дальнейшей стимуляции. Иногда даже значительно более сложные поведенческие акты завершаются чисто автоматически. Например, когда самец бабочки-бархатницы находит готовую к спариванию самку, он начинает сложный ритуал ухаживания, оканчивающийся изящным движением: кавалер вытягивает крылья вперед и, заключив между ними антенны самки, постепенно сжимает их. Благодаря этому движению пахучие железы самца, лежащие на верхней стороне крыльев, соприкасаются с расположенными на антеннах органами обоняния самки, и химический стимул запускает ее брачное поведение. Но самец подобным же образом ведет себя и в отношении мертвой самки, более того, начав «реверанс», он продолжает его до полного завершения, даже если убрать самку. Только окончив ритуал, самец начнет поиски исчезнувшей подруги.

До сих пор нас интересовало, что побуждает животное начать действие, то есть те внешние и внутренние обстоятельства, которые вызывают новое движение. Но для полного понимания механизмов поведения необходимо знать и то, что останавливает действия животного. Хотя это, быть может и не очевидно с первого взгляда, но животные делают только то, что необходимо сделать, и ничуть не более того. В отличие от машин они не нуждаются в том, чтобы их включал и выключал некий внешний оператор, поскольку у них есть механизмы, которые в соответствующие моменты делают это сами.

Какова природа таких механизмов? Конечно, в ряде случаев сильный внешний стимул может прервать одно действие и вызвать другое — например, при появлении хищника животное перестает кормиться и спасается бегством или затаивается. Но обычно животное прекращает есть само по себе. Жизненные процессы саморегулируются, и поведение животного колеблется вблизи оптимального режима, не отклоняясь слишком сильно ни в ту, ни в другую сторону. В электронных устройствах такое состояние поддерживается самопроизвольной остановкой определенных процессов. Это обеспечивается так называемой отрицательной обратной связью, когда результаты процесса приводят к его ослаблению, а если нужно, то и к полному прекращению.

Обычным примером отрицательной обратной связи служит поддержание температуры в комнате при помощи электрокамина с терморегулятором. У электрокамина два режима — «включен» и «выключен». Когда он включен, комната нагревается до той заранее установленной температуры, при которой терморегулятор выключает подачу тока, — иными словами, сам результат работы выключает камин. Если комната охладится до определенной температуры, терморегулятор включает прибор. Таким образом, состояние электрокамина колеблется между включенным и выключенным, поддерживая температуру комнаты у среднего значения, определяемого установкой терморегулятора.

Весьма существенно, что при отрицательной обратной связи происходит постоянное исправление ошибок или отклонений. Механизм поведения животных, конечно, гораздо сложнее, чем комбинация электрокамин — терморегулятор, но принцип действия тот же, и задача исследователей поведения — раскрыть, каким образом этот механизм оберегает животное от излишних действий.

Сравнительно простой пример — процесс питания большинства млекопитающих. Сигналов насыщения достаточно много, но главный — наполнение желудка. Это было доказано в экспериментах с крысами. Группе подопытных животных вживляли в пищевод трубку, с помощью которой



НЕ ПРОСТОЕ ДЕЛО — ОХОТА НА ПЧЕЛ

Процесс охоты роющей осы иллюстрирует, как правильная последовательность действий животного регулируется внешними стимулами. Оса летает зигзагообразно над цветками, пока не заметит чего-либо похожего на пчелу. Но чтобы удостовериться, что это действительно пчела, одного зрения мало, и тогда оса, расположившись с подветренной стороны в нескольких сантиметрах от возможной жертвы, выжидает, пока в действие не включится другой орган чувств. Обнаружив, что объект пахнет, как пчела, оса стремительно бросается и хватает его. Если жертва и на ощупь похожа на пчелу, оса постарается повернуть ее брюшком к себе и ужалить под «подбородок». Каждый этап охоты — увидеть пчелу, схватить пчелу, убить пчелу — включается собственным стимулом.



СХОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ
В СЛОЖНЫХ СИТУАЦИЯХ

Человек, подобно птицам и многим другим животным, испытывает эмоциональный конфликт, если им одновременно владеют ярость и страх. Удивительное сходство обнаруживается и во внешнем проявлении такого конфликта. Ниже изображены три формы проявления эмоционального конфликта у птиц, а на другой странице — соответствующие им реакции человека.





Смещенная активность — проявление конфликтного состояния в поведении, не соответствующем ситуации. Скворец, встретив соперника, перебирает свое оперение, вместо того, чтобы нападать и драться, что было бы логичнее с нашей точки зрения. При мозаичных движениях животное начинает одновременно несколько действий, но ни одного не завершает. Так, «рассерженная» чайка поднимается во весь рост, наклоняет голову, готовясь клюнуть противника и приподняв крылья для удара, замирает в этой позе. При переадресованных реакциях животное направляет свои эмоции на другой объект: черный дрозд яростно клюет листья вместо соперника.

можно было выводить наружу проглоченную пищу, прежде чем она достигала желудка. В других опытах пищу вводили непосредственно в желудок, минуя рот и пищевод. Контрольная группа животных съедала свой корм обычным способом.

Итак, подопытным животным давали то же количество пищи, что и контрольным, но в одной группе подопытных животных она никогда не попадала в желудок, выходя через трубку наружу, а в другой, непрожеванная, оказывалась сразу в желудке. Некоторое время спустя всем крысам опять предлагали пищу и о степени их насыщения судили по количеству съеденного корма. Не удивительно, что крысы, у которых корм не достигал желудка, принимались за еду сразу, тогда как контрольные и те, которым вводили пищу прямо в желудок, вели себя как сытые животные. Так было даже в тех случаях, когда желудок наполняли несъедобной массой. Отсюда можно сделать вывод: если желудок наполнен, животное теряет интерес к еде.

До сих пор мы рассматривали какое-нибудь одно действие, выполняемое в определенный отрезок времени. По отдельным отрывочным сведениям пытались восстановить картину совместного внутреннего и внешнего контроля таких сложных форм поведения, как питание или размножение. Но почему животное в каждый данный момент, как правило, занято лишь одним каким-нибудь делом? Такое ограничение, безусловно, необходимо, иначе ничего не будет доведено до конца. Но каким же образом из огромного множества линий поведения животное выбирает всякий раз только одну?

Смешанное поведение в большинстве случаев невозможно чисто физически: нельзя одновременно и приближаться к какому-нибудь объекту и удаляться от него. С другой стороны, кормящаяся антилопа, потревоженная запахом льва, в принципе могла бы, покидая опасное место, хватать на ходу листья с кустов, но она этого не делает. Почему? Ясно, что это пример проявления внутреннего контроля, ибо, как бы соблазнительна ни была пища и как бы голодна ни была антилопа, она не реагирует на эти мощные в другое время стимулы, а стремительно убегает. Но каким образом главные формы поведения подавляют остальные, практически не известно. Попытки выяснить это на некоторых простейших примерах показали, что сильная стимуляция какой-нибудь одной поведенческой системы благодаря сложным взаимосвязям в центральной нервной системе подавляет все другие поведенческие системы. Но как работает этот механизм и где он локализован в мозгу — предмет дальнейших исследований.

Однако нередко случается, что животное оказывается одновременно под влиянием нескольких

сильных и разнокачественных воздействий и ни одна из двух или даже трех форм поведения полностью не подавляет другие. В таких случаях нам приходится наблюдать «конфликтное поведение». Угрожающие позы и телодвижения, которые принимают самцы многих птиц, пугая соперников, служат примером подобного конфликтного поведения. Такой самец в одно и то же время стремится и атаковать, и спастись бегством — он агрессивен не меньше, чем испуган. Особенно часто он ведет себя так на границе своего индивидуального участка — как раз там, где страх перед соперником мешает двигаться дальше. У гусей угрожающие позы удается вызвать искусственно, действуя одновременно двумя стимулами — тем, который обращает их в бегство, и тем, что заставляет бросаться в бой.

Эти и иные конфликтные движения, «понятные» другим особям, представляют большой интерес: они действуют как сигналы, образуя основу «языка» животных. О том, как действуют такие сигналы, поговорим позднее, в 7-й главе.

Мы уже заметно продвинулись вперед с того момента, как задались вопросом, почему животное ведет себя так, а не иначе. Мы убедились, что поведение определяется внутренними и внешними факторами. Внешние воздействия воспринимаются избирательно в зависимости от внутреннего состояния животного. Информация, поступающая от органов чувств, обрабатывается достаточно сложным путем. Движения животных являются результатом удивительно координированных мышечных сокращений. Внутреннее состояние животного меняется от месяца к месяцу, от часа к часу, от секунды к секунде. При каждом таком изменении животное не только переходит к выполнению различных новых движений, но и избирательно «открывает двери» для новых специфических воздействий. Разные части механизма поведения контролируют друг друга и соперничают за главенствование. Чем бы ни было занято животное, механизм его поведения благодаря системе отрицательной обратной связи в критический момент предохранит его от излишних действий.

Наше знание всех этих сложных процессов еще очень неполно. Механизмы поведения изучаются разными специалистами. С одной стороны, психологи и этологи, изучая поведение животного в целом, шаг за шагом открывают, как именно должны действовать еще не известные нам в деталях механизмы, чтобы животное вело себя соответствующим образом. С другой стороны, физиологи, исследуя процессы в нервных клетках, в нервных центрах и их комплексах, пытаются понять, как эти процессы в их сочетании и во взаимодействии друг с другом приводят к возникновению того поведения, которое мы наблюдаем у животного. До сих пор эти две области исследо-



У человека внешние проявления внутреннего конфликта весьма схожи и могут быть без труда распознаны. Пример смещенной активности демонстрирует рассерженный человек, который, не имея возможности выразить свои чувства прямо, чешет в досаде затылок. Когда, сжав кулаки и сделав угрожающий шаг вперед, он застывает в этой позе, не способный закончить свои действия, то, по сути дела, совершает мозаичные движения. В переадресованной реакции он изливает свои чувства на замещающий объект, ударяя кулаком по столу, подобно тому как дрозд клюет листья.

ваний практически не соприкасались. Основные усилия физиологов направлены на изучение процессов в отдельных нервных клетках, которые оказались более сложными, чем считали каких-нибудь 20 лет назад. Сейчас многие видные физиологи сомневаются в том, что уже раскрыты все принципы взаимодействия между нервными клетками и группами нервных клеток, на которых основано поведение. В свою очередь исследователи поведения животных сознают, что результаты их работ дали пока лишь самую приблизительную схему организации поведения.

Положение физиолога и этолога можно сравнить с положением двух марсиан, которые изучают механизм, управляющий автомобилем. Один из них — этолог — видит, как машина ездит, следуя изгибам дороги, ускоряя и замедляя движение или останавливаясь. Что красный свет или отсутствие горючего вызывает остановку машины, а вращение руля — ее поворот, он заметит. Но чтобы обнаружить связь между нажатием на педаль газа и возрастанием скорости, он должен рассмотреть машину по частям. Другой марсианин — физиолог — может уяснить во всех деталях, как образуется горючая смесь в карбюраторе. Однако, если дальше наблюдатели не пойдут вместе, им трудно будет нарисовать целостную картину работы машины. Мы в настоящее время очень близки к положению этих двух марсиан, с той, однако, разницей, что живое тело бесконечно сложнее автомобиля. И если уж прибегать к этой аналогии, то не следует забывать, что машиной управляет водитель и что именно реакции водителя оказались бы самой сложной загадкой для марсиан.



Р. Хайнд исследует наседное пятно канарейки. По мере приближения периода насиживания оно под влиянием гормонов делается более чувствительным.

ЛАБИРИНТ СТИМУЛОВ

Поведение животных определяется не только внешними воздействиями. В последние годы все яснее вырисовывается картина взаимосвязи внешних и внутренних стимулов. Чтобы распутать этот сложный клубок, специалисты по поведению животных углубились в лабораторные исследования и путем вмешательства в механизмы поведения изыскивают истинные причины непрерывно меняющихся действий животных.

Стимулы, управляющие размножением канарейки

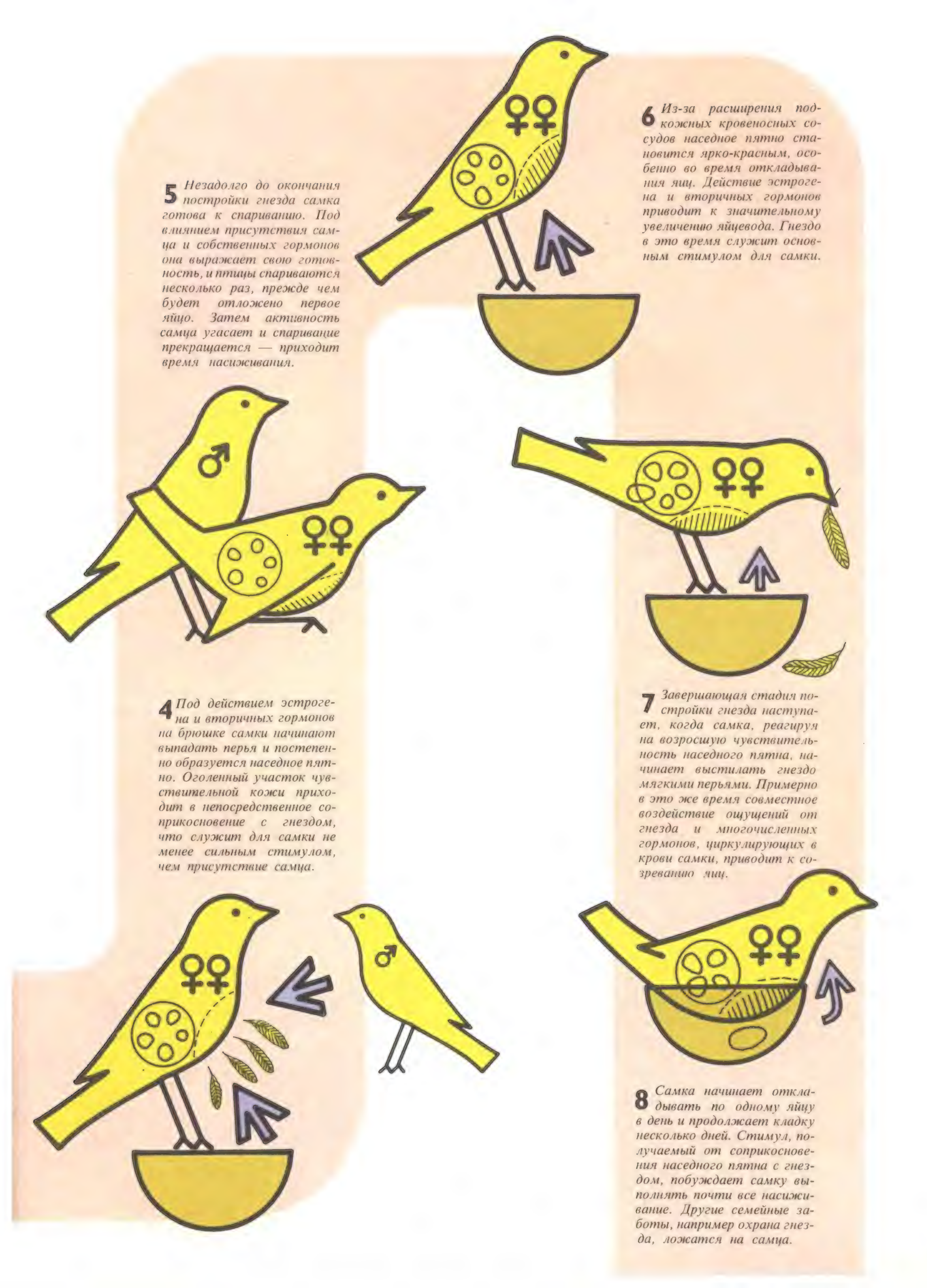
Чтобы размножение прошло успешно, канарейка должна найти себе партнера, построить гнездо, отложить яйца, высидеть их и вскормить птенцов. Эти процессы включают ряд физиологических и поведенческих изменений, причем каждое из них должно произойти в нужное время и в соответствующем порядке. Некоторые изменения являются результатом внешних воздействий, таких, как солнечное освещение или присутствие самца. Другие берут свое начало в самом организме самки. В результате многолетних исследований английский ученый Р. Хайнд выяснил весь цикл размножения канарейки и точно указал источник нескольких важных стимулов, воздействующих на функциональное состояние самки и ее поведение. Для ясности различные стадии процесса ухаживания и гнездового периода представлены на диаграмме отдельными этапами. На самом деле репродуктивный цикл развивается как непрерывный, плавно протекающий процесс, причем действие одних стимулов постоянно нарастает, а других — ослабевает.



1 *С удлинением дня, весной, солнечные лучи (стрелки) активизируют половые железы канарейки, стимулируя выделение первичных гормонов: андрогена у самца (♂) и эстрогена у самки (♀). Это лишь первое звено в длинной цепи событий, которые в конце концов приведут к откладыванию яиц и выкармливанию молоди.*

2 *Выделение андрогена оказывает заметное влияние на поведение самца: он начинает ухаживания, выражающиеся в пении и демонстрировании привлекающих внимание поз, что дополнительно стимулирует выделение эстрогена у его избранницы. Стрелка на рисунке показывает главный источник внешнего воздействия, влияющего на поведение самки.*

3 *В результате продолжающейся стимуляции со стороны самца самка начинает собирать материал, который она потом использует при сооружении гнезда. Почти в это же время крошечные яйца, которые развиваются в ее яичнике, начинают быстро увеличиваться. На этой стадии они достигают размеров зернышка.*



4 *Под действием эстрогена и вторичных гормонов на брюшке самки начинают выпадать перья и постепенно образуется наседное пятно. Оголенный участок чувствительной кожи приходит в непосредственное соприкосновение с гнездом, что служит для самки не менее сильным стимулом, чем присутствие самца.*

5 *Незадолго до окончания постройки гнезда самка готова к спариванию. Под влиянием присутствия самца и собственных гормонов она выражает свою готовность, и птицы спариваются несколько раз, прежде чем будет отложено первое яйцо. Затем активность самца угасает и спаривание прекращается — приходит время насиживания.*

6 *Из-за расширения подкожных кровеносных сосудов наседное пятно становится ярко-красным, особенно во время откладывания яиц. Действие эстрогена и вторичных гормонов приводит к значительному увеличению яйцевода. Гнездо в это время служит основным стимулом для самки.*

7 *Завершающая стадия постройки гнезда наступает, когда самка, реагируя на возросшую чувствительность наседного пятна, начинает выстилать гнездо мягкими перьями. Примерно в это же время совместное воздействие ощущений от гнезда и многочисленных гормонов, циркулирующих в крови самки, приводит к созреванию яиц.*

8 *Самка начинает откладывать по одному яйцу в день и продолжает кладку несколько дней. Стимул, получаемый от соприкосновения наседного пятна с гнездом, побуждает самку выполнять почти все насиживание. Другие семейные заботы, например охрана гнезда, ложатся на самца.*



Мраморные хрущи готовятся к спариванию. Вся жизнь взрослого хруща — две-три недели — подчинена задаче продолжения рода.

Соединение полов

При всей кажущейся простоте спаривание — явление столь же сложное, сколь и важное для выживания. Прежде всего, нужны партнеры одного и того же вида. Они должны быть половозрелыми, полностью готовыми к спариванию. Все виды животных вооружены средствами, позволяющими половым партнерам найти друг друга в сезон размножения. К числу таких средств относятся специальные сенсорные приспособления, красочные брачные наряды и своеобразные формы поведения. Самец мраморного хруща — одно из немногих насекомых, которые в поисках самки и ухаживая за ней используют антенны, усеянные обонятельными рецепторами, сгруппированными на его ветвистых усиках.

Угандийский водяной козел, как и многие другие млекопитающие, следует определенному ритуалу, при котором используются несколько различных стимулов — зрительный, тактильный и обонятельный.



Турнирные бои водяных козлов, которые редко кончаются серьезными повреждениями, решают проблему обладания ареной для привлечения самок.



Завоевав право владения определенным участком, самец начинает ухаживания за самкой.





Самки африканского страуса пляшут в кенийских саваннах, стремясь «соблазнить» находящегося неподалеку самца. Хотя обычно страусы до забавного неуклюжи, их брачные танцы удивительно изящны.

Соблазнительница из саванны

Лишь у очень немногих видов главенствующая роль в ритуале ухаживания принадлежит самке. Замечательным примером такого необычного поведения служит брачный танец африканского страуса, в котором самец играет скорее пассивную, нежели активную роль. Это происходит вопреки тому, что самец отличается более пышным опере-



Одна из самок, уверенная в своей неотразимой привлекательности, покидает группу.



Самец преследует ее в бешеном беге, который завершается спариванием.

нием, которое обычно служит признаком сексуальной агрессивности. Однако в неволе активная роль в ухаживании принадлежит уже самцу, а самки лишь делают неуклюжие попытки подражать своим партнерам. Кроме того, самки в неволе приобретают пагубные для выживания повадки, например устраивают общую кладку, которую никакая самка не способна высидеть. Исследователи поведения животных постоянно сталкиваются с такими загадками, показывающими, как много еще предстоит узнать о механизмах, контролирующих поведение животных.



Удивительны брачные церемонии горного гуся. По непонятным причинам эта театральная поза с развернутыми крыльями, которую демонстрируют обычно и самец, и самка, наблюдается лишь после спаривания, происходящего на воде.

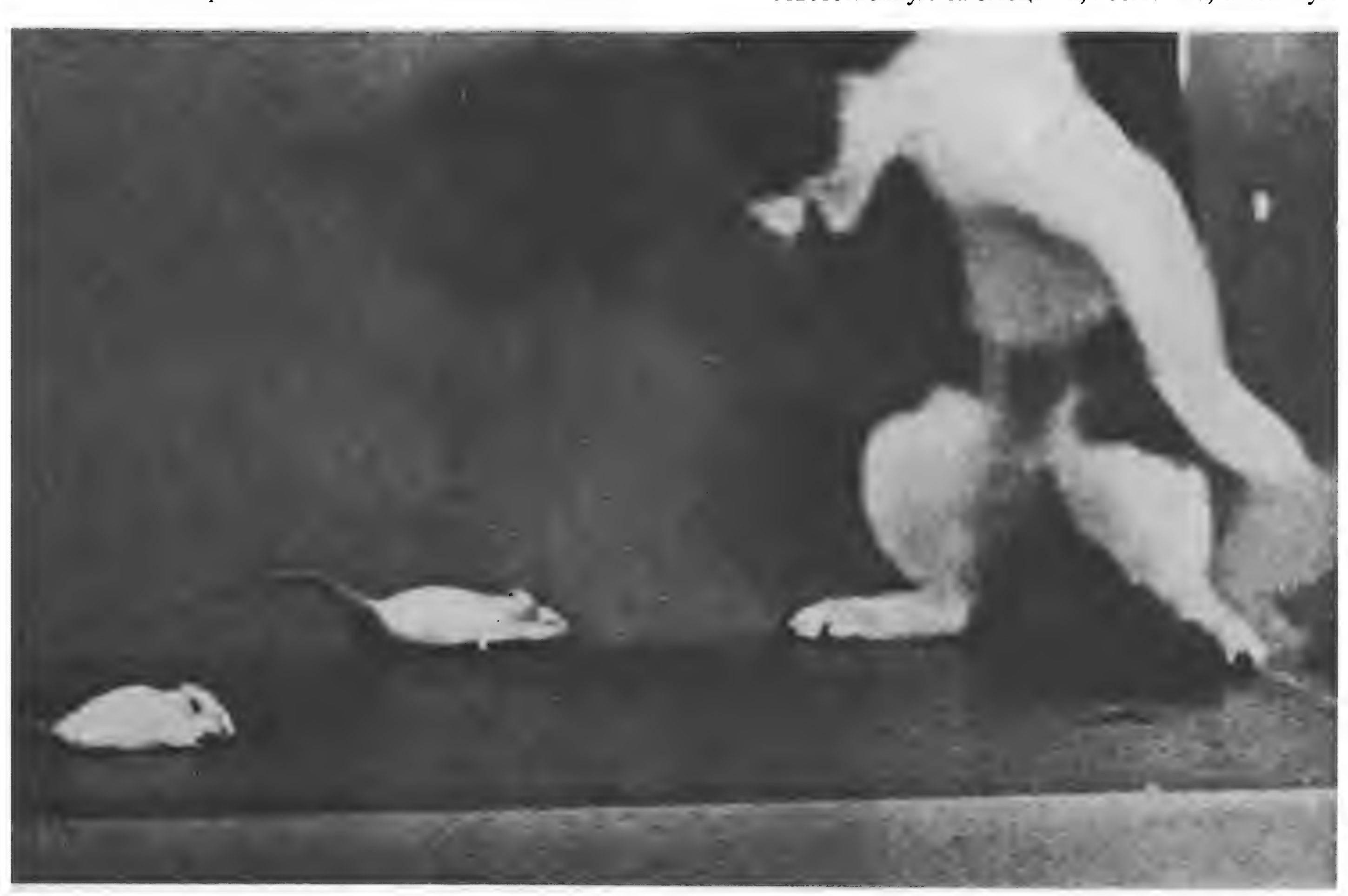


Кошка, никогда прежде не боявшаяся мышей, а, напротив, имевшая здоровую склонность к охоте на них, вдыхает газ, который на несколько часов изменит ее поведение.

Стимуляция страха и ярости

Как и в психологии человека, по аномалиям в поведении исследователи получают возможность наиболее эффективно изучать нормальное поведение животных. Вот почему в лабораториях многих стран тщательно исследуют реакции животных, подвергнутых действию необычных стимулов. Один из самых впечатляющих опытов по искусственному стимулированию страха обнаруживает совершенно несвойственную кошке трусость при встрече с парой безобидных мышей. Причина такого поведения — действие расслабляющего газа, который влияет на нервную систему кошки и временно нарушает стремление животного драться.

В другой серии опытов, проводившихся М. Глусманом в Нью-Йоркском государственном психиатрическом институте, стимуляцию вызывали с помощью маленьких электродов, вживленных в гипоталамус (часть головного мозга, ответственную за эмоции и, возможно, связанную



Надышавшаяся газа кошка в ужасе отшатнулась от своей прежней добычи и жалобно мяукает в углу. Ученые не знают, выглядит ли для кошки мышь опасным хищником или просто газ делает ее нервы чрезмерно чувствительными к любому видимому движению.

с процессами запоминания и обучения). В результате кошка, воспитанная в дружбе с крысой, с яростью бросается на крысу при включении тока. Самое удивительное в том, что уже в следующий момент, как только ток выключен, кошка не обнаруживает никаких признаков того, что помнит о своем агрессивном поведении. Раз за разом кошку заставляли набрасываться на крысу, и каждый раз, как только стимуляция прекращалась, она становилась столь же дружелюбной, как прежде. По-видимому, так и не удастся узнать, вызывалась ли в опытах настоящая ярость, которая тут же забывалась, или же это была автоматическая реакция вроде той, что заставляет человека дергать ногой при ударе по коленке. Недавние исследования показывают, что чрезмерное эмоциональное напряжение может полностью подавлять такие умственные процессы, как память и обучение.



Мир среди этих добрых друзей царил лишь до того момента, пока не начинался опыт по изучению истоков агрессивности.

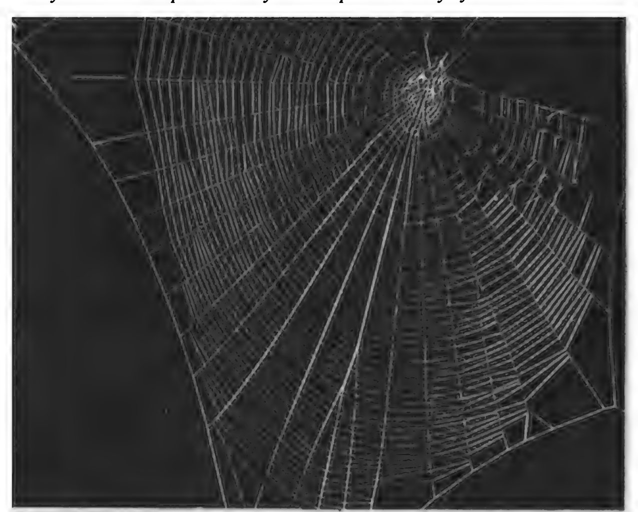
По проводам, вживленным в головной мозг кошки, пропустили электрический ток. Ярость, внезапно охватившая кошку, заставляет ее жестоко напасть на свою недавнюю подругу. Ток большей силы вызывает не менее четкую реакцию бегства.

Перемещая электроды, Глусман определил, что та область мозга, которая контролирует бегство, превосходит по величине область, вызывающую нападение. После опыта кошка опять мирно жила с крысой.

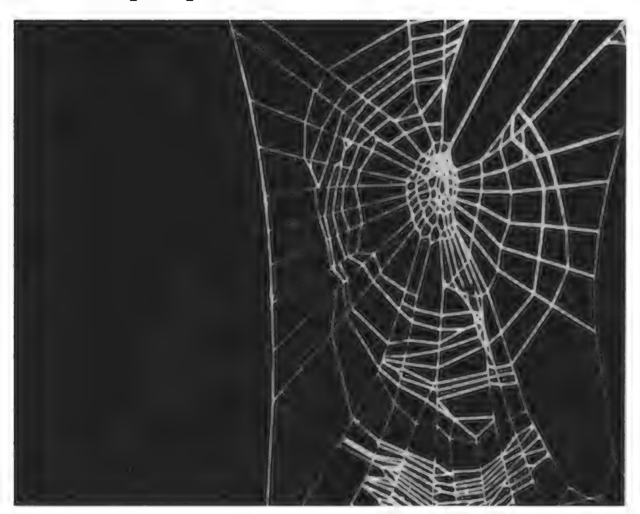
Паутина открывает секреты

Поразительный пример искусственно измененного поведения дали наблюдения над пауками, сделанные в ходе испытания лекарственных препаратов. Фармаколог Питер Уит обнаружил, что под действием некоторых лекарств пауки плетут странные, бесформенные паутины. Каждое лекарство заставляет паука плести вполне определенную паутину, с характерным отклонением от нормы, причем поведение животного обнаруживает удручающее сходство с тем типом дезориентации, которую испытывает человек под действием того же препарата. Рисунок паутины позволяет определить препарат намного быстрее, чем длительный лабораторный анализ.

Чтобы дать пауку лекарство, Уит выпрыскивает на паутину каплю жидкости из шприца, которую паук принимает за попавшееся в сеть насекомое. Можно для той же цели бросить в паучью сеть пропитанную лекарством муху.



Нормальная паутина обычной конструкции. Хоть это и самая лучшая естественная западня, но и в ней есть свои изъяны.



Первитин делает паука слишком нетерпеливым, и он заполняет кольцевыми нитями лишь малую часть сети.



От хлоральгидрата паук засыпает, так и не доведя работу до конца.



Кофеин вызывает у пауков подобие невроза, заставляя его сплетать беспорядочную путаницу из нитей.

Лизергиновая кислота вызывает концентрацию внимания. Паук усердно плетет великолепную сеть, более совершенную, чем естественная.





Летучая мышь ловко лавирует в темном лабиринте, руководствуясь звуковыми сигналами — посылает в пространство ультразвуки и ловит их отражение от возникающих на пути преград. Шесть часов, на протяжении которых шел опыт, она носилась взад и вперед между витками тонкой проволоки, так и не совершив ни одного промаха.

5 Как они выбирают свой путь

Представьте себе, что внезапно в открытом поле вас настигла снежная буря или сильный ливень. Естественно, первой мыслью будет направиться домой. И может случиться так, что вы вскоре потеряете дорогу и заблудитесь. Значит, совсем не достаточно вовремя принять верное решение и последовать ему. Каким бы прекрасным ходоком вы ни были и как бы точно ни рассчитали свое время, вы не попадете домой, если не умеете хорошо ориентироваться в пространстве.

Этот предельно простой случай служит иллюстрацией чрезвычайно важного правила, справедливого для всех без исключения животных: эффективно лишь такое поведение, которое столь же хорошо контролируется в пространстве, как и во времени. Животное вынуждено разыскивать пригодное местообитание, пищу, места для отдыха, брачного партнера, свое гнездо и многое другое, необходимое ему. Кроме того, живому существу приходится спасаться от хищников, короче говоря, оно неизменно должно знать, куда надо идти и где следует находиться или, напротив, куда идти нельзя и где быть не следует. Кроме того, животное постоянно удерживает свое тело в «правильном» положении относительно окружающей среды. Для человека само собой разумеется, что его тело находится в вертикальном положении, если он не лежит или не сидит. Однако даже в те моменты, когда мы не думаем об этом, определенная часть сложного механизма нашего поведения занята весьма важным делом: удержать ноги, туловище и шею в выпрямленном состоянии. Даже рыбе, которая со всех сторон поддерживается водой, нужно прилагать определенные усилия, чтобы сохранять естественное, вертикальное положение в окружающей среде. И если время наступления той или иной поведенческой реакции, как правило, контролируется внутренними стимулами, то сама ориентация, направляющая животное в ту или иную сторону, всецело базируется на указаниях, поступающих извне.



АНГЛИЯ — ВОН ОНА, ТАМ

Откуда скворцам с берегов Балтики известно, где находится Англия? А им это, по-видимому, известно, поскольку каждый год они совершают перелеты из восточных районов Прибалтики в Англию и на север Франции, как это показано на верхней карте. Эксперименты обнаружили двойственную природу способности скворцов к навигации: врожденную способность и приобретенную в результате обучения. У молодых птиц наблюдается врожденное стремление совершать перелеты в юго-западном направлении. Когда юных мигрантов поймали в Гааге и выпустили затем в Женеве, скворцы продолжали свое странствие в юго-западном направлении вплоть до Испании. Взрослые птицы, уже совершавшие перелеты, прекрасно отдавали себе отчет в том, где именно они находятся, и летели от Женевы на северо-запад, как это показано на нижней карте.



Способность многих животных ориентироваться в пространстве настолько удивительна, что их действия представляются нам подчас истинным подвигом. Классический пример — перелеты птиц. У некоторых видов неопытные юнцы самостоятельно совершают путешествия на такие огромные расстояния, что объяснить подобные случаи оказывается весьма сложной проблемой для современной науки. Каким образом, например, молодая каменка, вылупившаяся из яйца где-нибудь в северной Гренландии, путешествуя ночами и в одиночку, находит дорогу за тысячи километров к своим зимовкам на юге Западной Африки? Как случается, что качурки, гнездящиеся на острове Тристан-да-Кунья и собирающиеся осенью в стаи на необъятных просторах Атлантики, вновь находят весной свой крошечный островок? А ведь это еще не самые эффектные примеры. Угри с Атлантического побережья Северной Америки и Европы отправляются через океанские пучины метать икру в Саргассово море. Совсем еще маленькие личинки, потомство этих самых угрей, возвращаются каждая к своему собственному побережью, а затем ухитряются найти пресноводные ручьи и озера за много километров внутри материка, где и остаются жить. Лососи, напротив, через несколько лет возвращаются из океана метать икру в те самые реки, гда они некогда появились на свет.

Все это — наивысшие проявления способности ориентироваться, хотя в сущности они только количественно отличаются от повседневных действий животных, при помощи которых те находят правильный путь в окружающей местности. Хищная птица покрывает километровые расстояния к тому месту, где она успешно поохотилась накануне. Морская чайка летит на определенные места кормежек через дюны, от одного восходящего воздушного потока к другому, и путь ее будет изменяться от раза к разу в зависимости от направления ветра. А рыба, живущая в тусклом мире водных глубин, где, на наш взгляд, вообще не разобраться, где «верх», где «низ», вполне успешно справляется с этой трудностью.

Необходимость ориентироваться в пространстве ежеминутна и ежечасна. Как правило, лишь очень немногие формы поведения не включают в себя пространственной ориентации. Поистине крайне сложная проблема! Едва ли часто случается, что левый и правый плавник, левое и правое крыло, левая и правая нога работают одинаково. И если бы животное не руководствовалось ежеминутно внешними стимулами, оно начало бы блуждать или двигаться по кругу. Отсюда ясно, что удержать правильный курс или неизменную позицию без постоянной проверки и корректировки нельзя. Точно так же идущий на посадку самолет

должен непрерывно подчиняться действию руля чтобы согласовывать свое движение с неустойчивыми воздушными потоками.

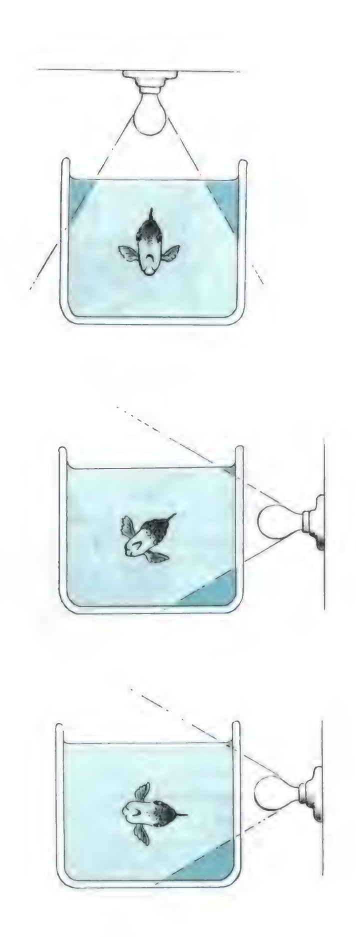
Однако в некоторых случаях поведение животного очень напоминает действия человека, стреляющего из ружья. Сначала он выверяет свое положение, «прицеливается», а затем «нажимает на спусковой крючок», совершая тот или иной акт. Именно так ловит добычу богомол или хамелеон. Сходным образом ведет себя и «сидящая в засаде» щука, когда видит приближающуюся рыбешку. Хищница прицеливается, а затем кидается вперед, после чего она уже едва ли может изменить направление своего броска.

В ряде случаев удалось установить, что линия поведения контролируется двумя совершенно различными, но одновременно действующими механизмами. Один из них указывает, когда должно наступить то или иное действие, насколько интенсивным ему следует быть и как долго оно будет продолжаться, в то время как второй ориентирует направление действия в пространстве. (Вспомните корабль, который скользит по волнам под действием винта, но управляется с помощью руля.)

Давайте посмотрим на поведение птицы, гнездящейся на земле, в тот момент, когда из ее гнезда случайно выкатилось яйцо.

Несомненно, необходимость устранить этот беспорядок ставит перед птицей задачу достаточно затруднительную, поскольку даже на гладком и ровном месте яйцо будет катиться по кривой линии. Поведение птицы в столь сложной ситуации — зрелище прямо-таки удивительное. Сидя на гнезде, она вытягивает шею до тех пор, пока кончиком клюва не коснется яйца, после чего катит его к себе. При этом едва заметными боковыми движениями клюва она все время корректирует перемещение яйца, так что оно вскоре по *прямой* линии закатывается обратно в гнездо. Даже чайка, чей клюв сильно уплощен с боков, умудряется проделывать эту операцию на крайне неровной поверхности.

Если заменить выкатившееся из гнезда яйцо цилиндром и предоставить птице возможность передвигать его по гладкой наклонной площадке, вы увидите сходную картину, с той только разницей, что движение цилиндра будет плавным и непрерывным, поскольку отпадает необходимость в боковых корректирующих движениях. Возвращаясь снова к аналогии с движением корабля, можно сказать, что в случае с цилиндром необходима лишь движущая сила: что же касается управляющих действий, то в них нет необходимости, поэтому они и не возникают. Еще более поразительно поведение птицы в том случае, если яйцо, которое она только что начала закатывать в гнездо, убрать. Такой опыт легко провести с при-



ВЕРХ ТАМ, ГДЕ «СОЛНЦЕ»

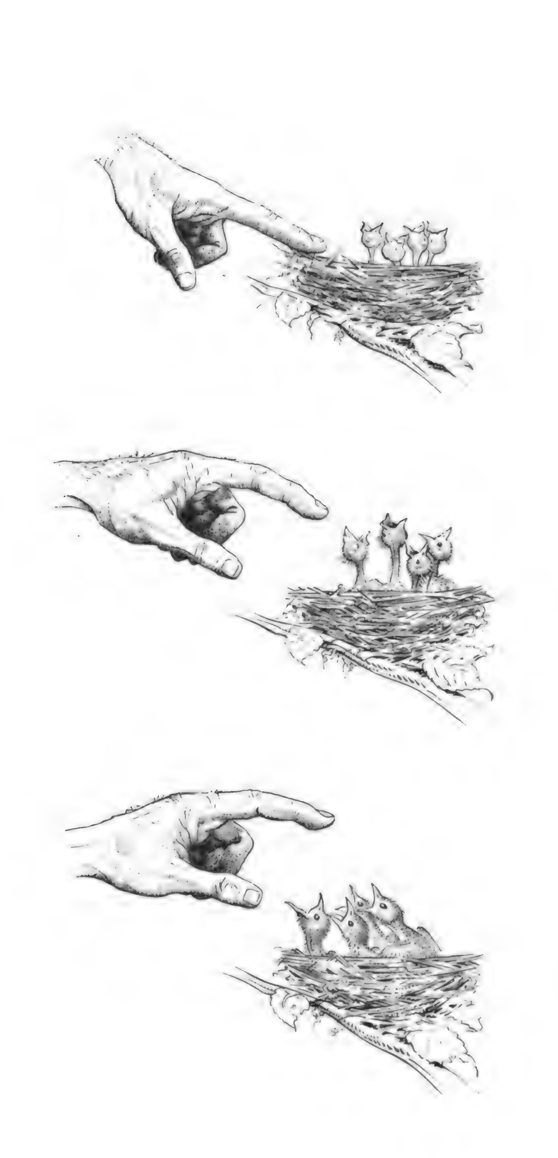
Как рыба узнает, где верх, а где низ? За счет одновременной ориентации по свету и силе тяжести. В маленьком аквариуме, где свет падает сверху, рыба плавает в вертикальном положении. Если установить источник света сбоку, рыба примет наклонное положение. На боку она не будет плавать лишь потому, что ее орган равновесия, отолит, продолжает реагировать на направление силы тяжести. Но если удалить отолит, рыба примет горизонтальное положение (нижний рисунок), чтобы «солнце» оказалось у нее над головой.

ручённой гусыней. Птица будет действовать так, словно она на самом деле продолжает катить яйцо, однако вы не заметите при этом никаких корректирующих боковых движений клюва.

Наблюдения за дроздятами дают возможность увидеть нечто похожее, хотя и в совершенно иной ситуации. В первые дни после вылупления птенцы вытягивают шеи и широко разевают клювы в ответ на всякое, даже самое слабое сотрясение гнезда, поскольку это, как правило, служит сигналом появления взрослой птицы с кормом. Птенцы слепы; они тянутся вертикально вверх, руководствуясь исключительно направлением силы тяжести,— все поведение в этот момент находится под контролем органа равновесия, расположенного во внутреннем ухе. В возрасте около недели у птенцов открываются глаза и они начинают тянуться вверх и раскрывать рты уже в ответ на появление зрительных стимулов, например макета взрослого дрозда. Но шейки их все так же будут вытягиваться строго вертикально — даже в том случае, если зрительный стимул появляется сбоку. И хотя информация о появлении корма доставляется птенцам с помощью зрения, направление телодвижений все еще определяется органом равновесия. Лишь спустя еще несколько дней птенцы станут руководствоваться исключительно зрительными ощущениями и широко раскрывать клювики в ту сторону, откуда появились с очередной порцией корма отец или мать.

Приступая к исследованию ориентации у животных, естественно, задаешься вопросом, какие органы чувств играют роль в этом сложном процессе. Вполне очевидно, не все они одинаково способны сообщить нам, где и как расположены окружающие нас предметы, и, следовательно, дать ясное представление о нашем собственном местонахождении. Узнать о том, что где-то поблизости пекут свежий хлеб, можно по запаху, но, если мы захотим купить булку, придется прибегнуть к помощи глаз. Сделав подобное заключение, мы приходим к еще одному существенному выводу: чтобы эффективно служить целям ориентации, чувствительный орган должен «анализировать» пространственные ощущения. Необходимо по крайней мере, чтобы он обладал различной степенью восприимчивости в разных направлениях, и, кроме того, желательно, чтобы он давал сведения о расстоянии до источника сигнала.

Такой способ приема ощущений возможен лишь в случае, когда имеется целая система чувствительных клеток и сверх того некий вспомогательный аппарат, каковым является, например, хрусталик в глазу человека. Острота зрения непосредственно определяет количество зрительной информации, которая позволяет судить о расположении в про-



МЕНЯЮЩИЕСЯ СТИМУЛЫ

Едва вылупившись, птенцы певчих птиц способны отвечать на внешний стимул: они вытягивают шею кверху и раскрывают клюв в ожидании корма. Первоначально птенец реагирует на любой механический стимул. Покачивание гнезда рукой (верхний рисунок) столь же действенно в этом случае, как и прилет одного из родителей на край гнезда. Более того, поскольку птенцы слепы, они руководствуются только органами равновесия, а потому вытягивают шейки вертикально вверх. Неделей позже, когда глаза птенцов только что открылись и птенцы уже могут видеть руку экспериментатора, они тем не менее продолжают тянуть головы в вертикальном направлении под влиянием сохраняющегося гравитационного контроля (средний рисунок). Этот контроль утрачивается лишь через несколько дней, когда птенцы начинают не только открывать клюв на приближение руки, но и тянуться в направлении этого стимула (нижний рисунок).

странстве того или иного объекта. Вполне очевидно, что, чем острее зрение, тем выше способность животного ориентироваться в окружающем мире.

То же самое можно сказать и в отношении слуха. Одиночное ухо позвоночного — довольно несовершенный аппарат для определения того, откуда приходит звук. Но два уха, одновременно воспринимающие звук, с большой точностью устанавливают его направление. Объясняется это тем, что мозг способен обнаруживать мельчайшие различия во времени поступления сигналов от правого и левого уха. Звуковые волны, идущие справа, достигают правого уха на какие-то доли секунды раньше, чем левого. Различие во времени поступления сигналов и тот факт, что левое ухо находится в «тени» по отношению к поступающему звуку, — вот два момента, которые дают мозгу указания относительно направления звука. Если же источник звука находится прямо перед нами, то придется слегка повернуть голову или прибегнуть к каким-либо иным ухищрениям, чтобы узнать, откуда приходят звуковые волны: спереди или сзади.

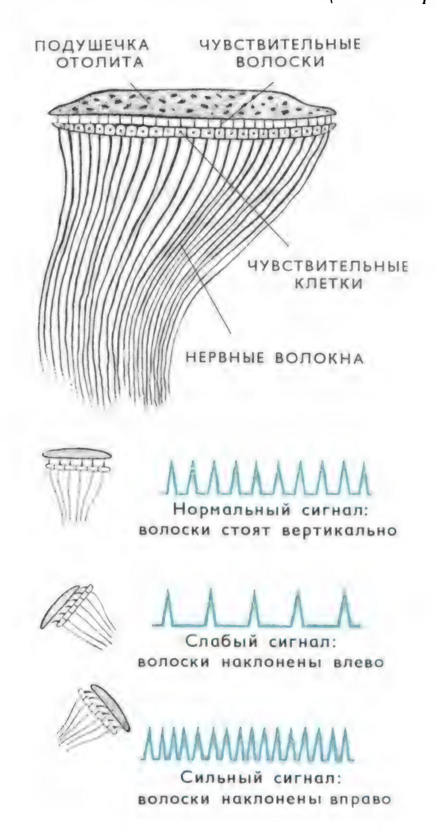
Иногда сведения о направлении сигнала поступают в мозг одновременно от двух различных источников ощущений, например от обоняния и осязания. Известно, что запах переносится по воздуху или токами воды. Животные, воспринимающие запах, находят его источник (или избегают его, если обонятельный сигнал указывает на опасность), руководствуясь движением воздушных потоков, если запах распространяется по воздуху, или водяных струй, если он возникает в воде. Многие млекопитающие пользуются даже тремя органами чувств: нос постоянно настроен на прием запахов, осязательные или температурные ощущения (иногда и те, и другие одновременно) дают указание о направлении ветра, который принес запах, и, наконец, зрение определяет дальнейшие действия животного. Многие крабы, раки и прочие водные животные, в частности некоторые брюхоногие моллюски, способны приводить в движение воду, в которой распространяются сигналы: всасывают ее с одной стороны и выпускают с другой, исследуя тем самым химические свойства окружающей среды. Когда появляется какой-нибудь запах, сведения о его направлении поступают к внутренним органам чувств от органа, берущего пробы.

Тот или иной орган чувств, взятый сам по себе, не в состоянии дать достаточно полных сведений о том направлении, в котором находится действующий на животного стимул. Только совместное действие нескольких органов чувств приводит к таким эффективным результатам, как уже упомянутые странствия угрей. На первом этапе своего путешествия личинки угрей, появившиеся на свет



КАК СКАТУ УДАЕТСЯ СОХРАНЯТЬ РАВНОВЕСИЕ

Скат морская лисица может отличить верх от низа при помощи набора отолитов, которые представляют собой маленькие подушечки из слизеподобного материала, лежащие в полостях под кожей (стрелка на верхнем рисунке). Вес каждой такой подушечки увеличен за счет тяжелых гранул, содержащихся в слизистой массе. Когда скат поворачивается на бок, подушечка под влиянием своего веса скользит туда или сюда внутри своей полости, изгибая при этом тонкие волоски, на которых она покоится. Изгибаясь, волоски посылают сигналы разного ритма в соответствующие нервы, причем ритм сигналов зависит от степени наклона волосков (нижние рисунки).



в глубинах Саргассова моря, вместе с океанскими течениями пассивно перемещаются к берегам Северной Америки или Европы, к местам обитания их родителей. Но когда подросшие за время пути личинки достигают мелких прибрежных вод, они становятся более активными и начинают вести себя совершенно поразительным образом. Всякий раз, когда волны сильного отлива устремляются в океан, юные угри опускаются на дно и остаются там до начала прилива. С началом движения водных масс к берегу личинки всплывают и позволяют им увлечь себя, но лишь до тех пор, пока вновь не наступит время отлива. Так постепенно они достигают устьевых солоноватых вод и находят вход в речное русло. Теперь угри вступают в новую фазу: активно преодолевают течение во время отлива, проникая в пресную воду реки, и поднимаются вверх по ее руслу. Направление движения выбирается, очевидно, по запаху веществ, растворенных в воде.

Таким образом, поведение молодых угрей включает разные ответные реакции: рыбы удерживаются на дне на первой стадии, плывут по течению — на второй и устремляются против него — на третьей. Каждая фаза характеризуется своим механизмом ориентации: на каждом этапе в определенное время в ответ на определенные внешние стимулы возникает совершенно определенная реакция. Взятые по отдельности, эти механизмы выглядят довольно простыми, но, будучи объединенными, они дают возможность личинкам угрей, существам не столь уж высокоорганизованным, возвратиться в места, которые их родители покинули за месяцы или даже годы до того, как произвели на свет наших юных странников.

Каким же образом функционируют механизмы пространственной ориентации? Как бы велики ни были различия в деталях, сколь бы различные аспекты ориентации ни изучались, мы всегда сталкиваемся с двумя важными моментами: сначала животное получает указания о том, что во внешней или во внутренней среде произошло некое отклонение от необходимого ему состояния; затем, руководствуясь полученными сведениями, животное действует, пока новое донесение не сообщит ему, что желаемое состояние опять достигнуто.

Это значит, что вторая серия сигналов, поступающих от органов чувств, обеспечивает отрицательную обратную связь, прекращая действия животного в тот момент, когда желаемая цель достигнута. Сравнительно несложная ситуация подобного рода возникает в тот момент, когда сильный поток воды опрокидывает рыбу на бок, нарушая тем самым нормальное положение равновесия. В каждом внутреннем ухе рыбы имеются органы равновесия — отолиты, которые покоятся на чувствительных волосках и размещаются в полостях под кожей животного. Когда тело ската находится в нормальном горизонтальном положении, давление отолита на волоски не воспринимается как некий стимул. Но как только рыба опрокидывается на бок, приложение силы слегка смещается и волоски под тяжестью отолита изгибаются в сторону: появляется определенный внутренний стимул. Дело в том, что изменяются частоты импульсов в том нерве, который воспринимает изменение стимуляции: частота импульсов возрастает, когда рыба опрокидывается на один бок, и уменьшается, когда тело ее наклоняется в противоположную сторону. Чем сильнее наклон, тем больше изгибаются волоски и тем значительнее изменение ритма импульсов в чувствительном нерве. Как только тело рыбы начинает возвращаться в нормальное состояние, изгиб волосков уменьшается и соответственно меняется частота нервных сигналов. В горизонтальном положении ритм импульсов достигает своего нормального (среднего) уровня.

Таким образом, интенсивность поступающей в мозг стимуляции, подобно приборам самолета, с высокой точностью указывает, куда и насколько наклонилось тело рыбы. Сигналы от каждого уха, достигая мозга, дополняют друг друга, и это делает весь механизм поддержания равновесия особенно чувствительным. Рыба, лишенная одного из своих органов равновесия, хотя еще и способна ориентироваться, но делает это далеко не столь быстро.

Что касается второй фазы процесса, когда совокупность стимулов, поступивших в мозг, трансформируется в некую инструкцию, заставляющую плавники вернуть тело в вертикальное положение, то здесь мы сталкиваемся как с механизмом, в работе которого пока не удалось окончательно разобраться, так и с новым явлением, требующим объяснения. Будем называть его «целевой установкой». По сути дела, это просто-напросто желательная для животного ситуация, к достижению которой оно стремится. В нашем примере для рыбы наилучший вариант тот, когда она спокойно стоит в воде спиной кверху. В эти моменты целевая установка требует умеренного ритма разрядов в чувствительном нерве, обусловленного работой органов равновесия во внутреннем ухе. Вот единственный вид стимуляции, при котором нет необходимости ни в каких корректирующих движениях плавников. Рыба «ничего не делает», она остается в неизменном положении. Если набежавший поток опрокинет ее, но целевая установка при этом останется прежней, изменения в ритме нервных разрядов приведут к возникновению корректировочных движений плавников и тело рыбы вернется в первоначальное положение. Каким образом изменение частоты нервных импульсов передается даль-

ше и в конечном счете трансформируется в соответствующие случаю движения мышц и плавников, пока не известно.

Если даже такая сравнительно простая реакция поддержания тела в нормальном положении оказывается достаточно сложной, то объяснить другие действия, связанные с ориентацией в пространстве, еще более трудно. Во многих случаях реакции животных стимулируются определенными формами воспринимаемых и опознаваемых объектов, причем эти формы сплошь и рядом непрерывно меняются. Прекрасный пример этому дает упомянутая выше роющая оса, возвращающаяся в свою норку, у отверстия которой выложили круг из сосновых шишек. Какой зрительный образ предстает перед насекомым, приближающимся к отверстию норки? Расположение входа неразрывно связано для осы с образом круга из шишек. Но по мере того, как оса подлетает ближе, ее положение по отношению к кругу изменяется, следовательно, и изображение последнего на сетчатке глаза также претерпевает изменения. Таким образом, насекомое ориентируется по непрерывно меняющемуся образу и все-таки как-то ухитряется скорректировать все отклонения, вызываемые множеством неадекватных стимулов, и найти дорогу к дому.

Принимая все это во внимание, мы вынуждены прийти к заключению, что внешние стимулы, обусловленные всяким отклонением от желательного курса, передаются каким-то образом в мозг и кодируются там в виде некой градации интенсивностей внутренних стимулов, подобно тому как в мозгу рыбы закодированы реакции на разную степень наклона волосков или сдвига отолитов внутреннего уха. Значительное отклонение вправо вызывает иную ответную реакцию, нежели более слабое отклонение в ту же сторону, влево, вверх или вниз.

Но это еще не все. Найдя свою нору и спрятав в нее добычу, роющая оса улетает за новой жертвой. Каковы ее ориентиры теперь? Если насекомое руководствуется теми же стимулами, которые привели его к дому, оно будет автоматически возвращаться к норе при любой попытке улететь от нее. Очевидно, на обратном пути стимулы осы должны быть совершенно иными, а это означает, что претерпевает изменения и целевая установка, причем меняется она под влиянием внутреннего состояния насекомого. Это заставляет нас сделать вывод, что стимуляция, ожидаемая животным, когда оно начинает передвигаться, то есть целевая установка, на которую животное настроено в данной ситуации, может быть изменена в результате некоего сообщения, поступившего непосредственно от нервной системы. Одна система установок управляет осой, летящей на охоту, другая руководит ею после того, как она нашла и поймала добычу.

Именно так и обстоит дело в действительности, что было доказано одним из самых блестящих экспериментов, какие когда-либо задумывались и осуществлялись в этой области.

Задачей эксперимента было выяснить, как реагирует муха на движение предметов, находящихся вокруг нее. Когда насекомое сидит неподвижно, не имея причин менять это состояние и впредь, его целевую установку можно описать следующим образом: «никакого движения изображения на сетчатке». Иными словами, никакого видимого движения окружающих предметов. Коль скоро муха «установила» для себя такую цель, любое движение окружающих предметов вызовет определенную реакцию со стороны насекомого. Если поместить муху в полый цилиндр, на внутренних стенках которого нанесены вертикальные полосы, и начать медленно вращать его, то и муха начнет поворачиваться следом. Тем самым насекомое «удерживает» изображение полос на сетчатке в том месте, где им «надлежит находиться», удовлетворяя, следовательно, свое первоначальное требование — «никакого движения изображения на сетчатке». Подобная реакция на движение окружающих предметов называется оптомоторной, или зрительнодвигательной.

Такое объяснение вполне удовлетворяет нас, когда дело касается мухи, неподвижно сидящей внутри вращающегося цилиндра. Но что сказать по поводу другого случая, когда цилиндр неподвижен, а насекомое разгуливает внутри «по собственному желанию»? Как удается мухе различить предметы действительно движущиеся и те, что только кажутся таковыми, когда передвигается само насекомое? До того как были поставлены точные эксперименты, объяснение казалось простым: муха сама «выключает» оптомоторный механизм в тот момент, когда начинает двигаться.

В противном случае муха, вероятно, вообще не смогла бы двигаться: стоило бы ей повернуть голову или сделать первый «шаг», как все окружающие ее предметы сразу пришли бы в движение и сигнал от сетчатки заставил бы насекомое остановиться, чтобы вернуть исходную установку — «никакого движения изображения на сетчатке». Но поскольку муха почти никогда не остается на месте, предположили, что оптомоторные реакции каким-то образом отключаются, когда у насекомого возникает желание ползти или лететь.

Немецкие ученые Эрик Хольст и Хорст Миттельштедт решили проверить это в эксперименте. С большой изобретательностью они воспользовались тем весьма удобным обстоятельством, что «шея» мухи очень подвижна и голова может сде-

лать почти полный оборот вокруг своей оси. Ученые повернули мушиную голову на 180° и в этом положении приклеили ее к туловищу, не повредив шеи. Теперь правый глаз насекомого оказался слева, а левый — справа. Стоит такому подопытному насекомому начать двигаться, как изображение окружающих предметов на сетчатке начнет перемещаться не в ту сторону, куда оно двигалось бы в глазу нормальной мухи, а в прямо противоположную.

Вопрос был поставлен следующим образом: какова реакция мухи на «перевернутое» изображение мира? Если оптомоторные реакции действительно отключаются с началом движения насекомого, то «перестановка» глаз не должна играть существенной роли. Но опыт показал, что поворот головы на 180° серьезно влияет на поведение насекомого: как только муха делала попытку повернуться, она начинала бешено крутиться на месте — в том самом направлении, в каком повернулась вначале.

Оставалось возможным только одно решение: оптомоторный механизм не выключается! Просто появляется новая целевая установка. Вместо правила «никакого движения изображения на сетчатке», которое заставляло муху оставаться неподвижной, в ход вступает новое — «движение в определенном направлении с определенной скоростью». Вот новая целевая установка, которую с такой очевидностью продемонстрировал нам этот выдающийся эксперимент. Глаза правильно ориентируют насекомое, только находясь в нормальном положении относительно туловища. Будучи перевернутыми, они сообщают мухе неверные сведения: когда насекомое поворачивается влево, ему кажется, что произошел поворот вправо. При попытке выправить свои действия муха лишь еще больше поворачивается влево, то есть в сторону, противоположную той, куда она стремится повернуться. В результате — безумное вращение на одном месте.

Этим опытом было доказано, что мозг способен так «организовать» зрительные центры, которые обрабатывают поступающую извне информацию, что они в точном соответствии с дальнейшими «намерениями» животного постоянно изменяют целевую установку. Нормальная муха беспрепятственно поворачивается вправо или влево соответственно своим потребностям. Одновременно изменяется и целевая установка, которая удерживает направление и степень поворота в определенных рамках. Но как конкретно действует этот внутренний механизм — до сих пор еще загадка.

Каждый из нас может проделать простейший опыт, чтобы убедиться в том, что заданная целевая установка связана с определенными телодвижениями. Если окружающие нас вещи начинают перемещаться, мы соответствующим образом реагируем на их движение. Но это не та оптомоторная реакция, которая наблюдалась в опыте с мухой, помещенной внутри цилиндра; мы не отвечаем на перемещение предметов собственным движением в ту же сторону, а только видим, что предметы меняют свое местоположение. Если двигать глазами из стороны в сторону, у нас не появится ощущения, что окружающий мир пришел в движение, хотя изображение предметов на нашей сетчатке при этом переместится. И здесь возникает та же проблема, что и в опыте с мухой: меняется ли целевая установка от своего первоначального значения «никакого движения изображения на сетчатке» до нового — «движение в определенном направлении с определенной скоростью»?

Давайте закроем один глаз и слегка нажмем пальцем на веко другого, открытого. При этом глазное яблоко слегка повернется, но его движение будет пассивным, поскольку оно вызвано не работой мышц, а нажатием пальца. И мы увидим, что наша комната начнет двигаться.

Почему же такое ощущение не возникает, когда мы произвольно меняем положение глаз? Вероятно, в этом случае наш мозг каким-то образом дает приказ, или установку, — «ожидать перемещения изображения на сетчатке». Когда глазное яблоко передвигается при помощи соответствующих мышц, последние получают из мозга такую команду, когда же мы двигаем глазное яблоко пальцем, команды не поступает. Мозг приказывает мышцам «двигайся», и это приказание позволяет предвидеть предстоящее движение изображения на сетчатке. Целевая установка в отношении зрительных стимулов изменяется лишь в том случае, если мозг послал подобную команду. Когда же мы передвигаем глазное яблоко с помощью пальца, мышцы глаза не получают от мозга никаких указаний; установки на последующее, ожидаемое движение не возникает, и нам кажется, что комната движется.

Рассмотрим противоположную ситуацию. Допустим, что команда «двигайся» поступила от мозга в глаза, но они остаются неподвижными. Такая вещь возможна, если временно парализовать глазные мышцы каким-либо наркотиком.

Итак, команда ожидать некое движение поступила, появилась новая целевая установка, но соответствующие зрительные стимулы не возникают, поскольку глаза остаются неподвижными. Результат оказывается неожиданным: пытаясь перевести взгляд с одного предмета на другой и будучи не в состоянии сделать это, человек видит, что все вокруг него движется. В этот момент он может воочию убедиться в существовании целевой установки, о которой здесь столько говорилось.

Познакомившись с этими экспериментами, мы только бегло заглянули в мир необычайно сложных и почти совершенно непознанных процессов, которые должны совершаться в мозгу одновременно с последовательными актами поведения, описанными в главе 4. Ни одно звено такой цепи поведенческих актов не может обойтись без соответствующего механизма ориентации. В момент переключения с одного действия на другое неизменно используется и новый ориентирующий механизм, то есть установка. Отправляясь из своего улья на сбор нектара и пыльцы, пчела первоначально руководствуется целой серией ориентиров на местности, которые попадаются ей на пути. Когда цветы-медоносы уже недалеко и насекомое видит их, ведущим стимулом оказываются общие очертания растений (пчелу легко ввести в заблуждение, показав ей издалека зеленый предмет, по форме напоминающий растение). На более близком расстоянии пчелу привлекает окраска венчиков, затем знакомый запах — зрительные и химические «путеводители пчел». Когда насекомое оказывается внутри цветка, в дело вступают новые стимулы — запах нектара и ощущения от прикосновения к органам цветка. Роль каждого из этих стимулов состоит не только в том, чтобы вызвать очередную стадию в общей цепи действий и отключить предыдущую. Они одновременно заставляют действовать соответствующий механизм ориентации с его целевыми установками.

Процесс обучения также может изменять целевые установки. Выкапывая норку на новом месте, роющая оса осваивает и новые ориентиры, а ворона возвращается туда, где год назад нападала на филина, ибо запомнила этот участок леса. Когда лосось, руководствуясь обонянием, заходит из моря в ту самую реку, где вырос, то и в этом случае поведение рыбы включает целевые установки, приобретенные в результате обучения.

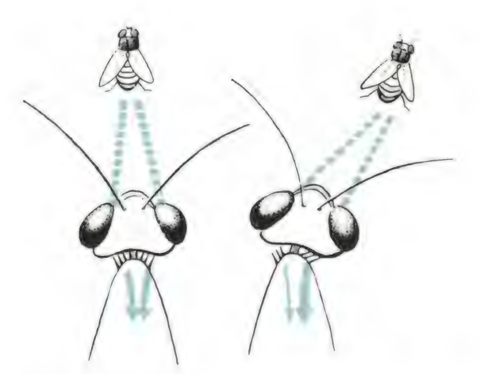
Совершенно особый и чрезвычайно затруднительный для объяснения случай изменения целевых установок представляет способность перелетных птиц ориентироваться по солнцу. Уже можно считать доказанным, что скворцы, летящие осенью на юго-запад, определяют направление пути именно по этому светилу. Но ведь в течение немногих утренних часов, когда птицы совершают перелет, положение солнца на небосводе существенно меняется. И тем не менее скворцы держат правильный курс. Исследования показали, что их целевая установка изменяется с изменением времени суток. Птицы обладают своего рода «внутренними часами». Как действуют эти внутренние часы, нам пока не известно.

Еще одна проблема, связанная с ориентацией в пространстве, возникает в тех случаях, когда движение одной части тела, например ноги или плавника, направляется деятельностью органа чувств (например, глаза), расположенного в другой части тела. Как объяснить столь быстрые и резкие движения конечностей животного, что даже глаза не в состоянии уследить за ними? Вспомним богомола, который ловит муху, молниеносно выбрасывая в ее сторону передние ноги. Заметив жертву, богомол следит за ней, поворачивая только голову. При этом тело насекомого остается неподвижным. И тем не менее, когда богомол пускает в ход свое орудие лова — передние ноги, он настигает цель с безошибочной точностью.

Каким же образом хватательные ноги «узнают» о том, что видят глаза насекомого, точнее, направление, в котором следует нанести удар? Вспомним, что выброс хватательных ног настолько стремителен, что его едва ли можно скорректировать на полпути при помощи зрения. Даже если богомол заметит, что его телодвижение неточно, будет уже поздно изменить направление броска. Совершенно ясно, что нацеливающий механизм должен быть безошибочно настроен еще до начала броска. Эта настройка осуществляется предшествующими движениями головы насекомого.

Дело в том, что у богомола есть особый чувствительный орган — щеточка из особых волосков, расположенных на переднегруди насекомого. Сигналы, постоянно идущие от этих волосков в центральную нервную систему, способствуют тому, что насекомое в обычном состоянии держит голову прямо. Всякий поворот головы повышает давление на волоски в том или ином участке переднегруди. При виде мухи в центральной нервной системе происходит оценка различий между противоречивыми сигналами: один из них приходит от глаз и заставляет богомола повернуть голову в сторону сидящей мухи, другой посылается волосками и приказывает держать голову прямо. Именно эти различия и диктуют передним ногам направление, в котором следует нанести удар. Если обрезать богомолу чувствительные волоски, насекомое будет выбрасывать ноги только прямо вперед — независимо от того, в каком направлении повернута его голова.

Можно задать вопрос: почему богомол вообще поворачивает голову? Почему зрительный сигнал относительно направления, где находится жертва, не передается непосредственно в центральную нервную систему? Главная причина этого, вероятно, состоит в том, что богомолу надо определить не только направление, в котором находится воз-



КАК ПОЙМАТЬ МУХУ

Многие действия животных становятся возможными за счет информации, полученной в одной части тела и переданной в другую. Богомол, например, готовясь поймать муху, узнает о ее местоположении, руководствуясь положением собственной головы. Если он заметил муху сбоку, то будет вынужден повернуть к ней всю голову, ибо глаза его зафиксированы неподвижно. Поворот головы изменит наклон тончайших волосков в чувствительном органе на соответствующей стороне туловища. Эти волоски постоянно посылают нервные импульсы, удерживающие голову в направлении прямо вперед. Нервная система оценивает различие между двумя конфликтующими сигналами — от глаз, заставляющих голову повернуться в направлении к добыче, и от волосков, удерживающих исходное положение головы «прямо вперед». Эти различия указывают ловчим передним ногам, где именно находится жертва.

можная добыча, но и расстояние до нее. Расстояние же можно определить только при помощи обоих глаз, посредством бинокулярного зрения. Богомол, лишенный одного глаза, выбросит ноги в правильном направлении, но будет стараться схватить жертву слишком далеко, если она мала, и слишком близко, если велика, поскольку оценка расстояния в этом случае основывается только на кажущихся размерах жертвы.

Итак, мы познакомились с тем, насколько разнообразны механизмы, используемые различными животными в целях ориентации, и каким образом, подобно множеству других жизненных процессов, они служат поддержанию некоего устойчивого состояния. Постоянное положение тела или необходимое направление при передвижении определяются соответствующими пространственными характеристиками внешней среды. Так же как и в других жизненных процессах, это осуществляется за счет сложной системы отрицательных обратных связей: каждое отклонение от нормы фиксируется и открывает дорогу именно тем действиям, которые выправят положение. По мере того как животное меняет свое поведение, центральная нервная система получает сообщение об этих изменениях и дает подходящую к случаю целевую установку.



Собираясь спикировать, серый гусь переворачивается в воздухе спиной вниз, но голову продолжает держать прямо, дабы не сбиться с курса.

ЧУВСТВО НАПРАВЛЕНИЯ

Каждое животное в какой-то момент своей жизни оставляет одно место и направляется к другому. Независимо от того, простирается ли это путешествие на несколько сантиметров в поисках еды или брачного партнера или же охватывает обширные области земного шара во время миграций, животное должно обладать определенным типом сенсорного аппарата, который обеспечил бы ему движение в нужном направлении. Одни из этих аппаратов нам хорошо известны, другие продолжают оставаться для нас загадкой.



Охотник, снабженный локатором

Способность хорошо ориентироваться столь же необходима для охоты, как и для навигации. Тот самый локатор, которым пользуется летучая мышь, лавируя в лабиринте, очень помогает ей и на охоте. Руководствуясь звуковыми волнами, отраженными от тельца ночной бабочки, хищник в стремительном броске легко перехватывает жертву. В свою очередь и у ночных бабочек развились хитроумные способы защиты против такого выслеживания. Самое замечательное из этих приспособлений — «уши» для приема ультразвуков, расположенные на средних сегментах тела бабочки. Эти органы способны воспринимать крик летучей мыши с расстояния до 30 метров. Заранее предупрежденная о грозящей опасности, бабочка успевает скрыться.

Другие насекомые обладают не столь изощренными, но ничуть не менее эффективными средствами защиты: их острые жала и колючие ножки становятся хищнику буквально поперек горла, и летучая мышь едва ли еще раз решится повторить такую трапезу.



Пойманная лучом прожектора летучая мышь (горизонтальная полоса) ловит неистово лавирующую ночную бабочку. Особая фотографическая техника для получения таких снимков была изобретена специалистом по летучим мышам Ф. А. Уэбстером и его коллегами.

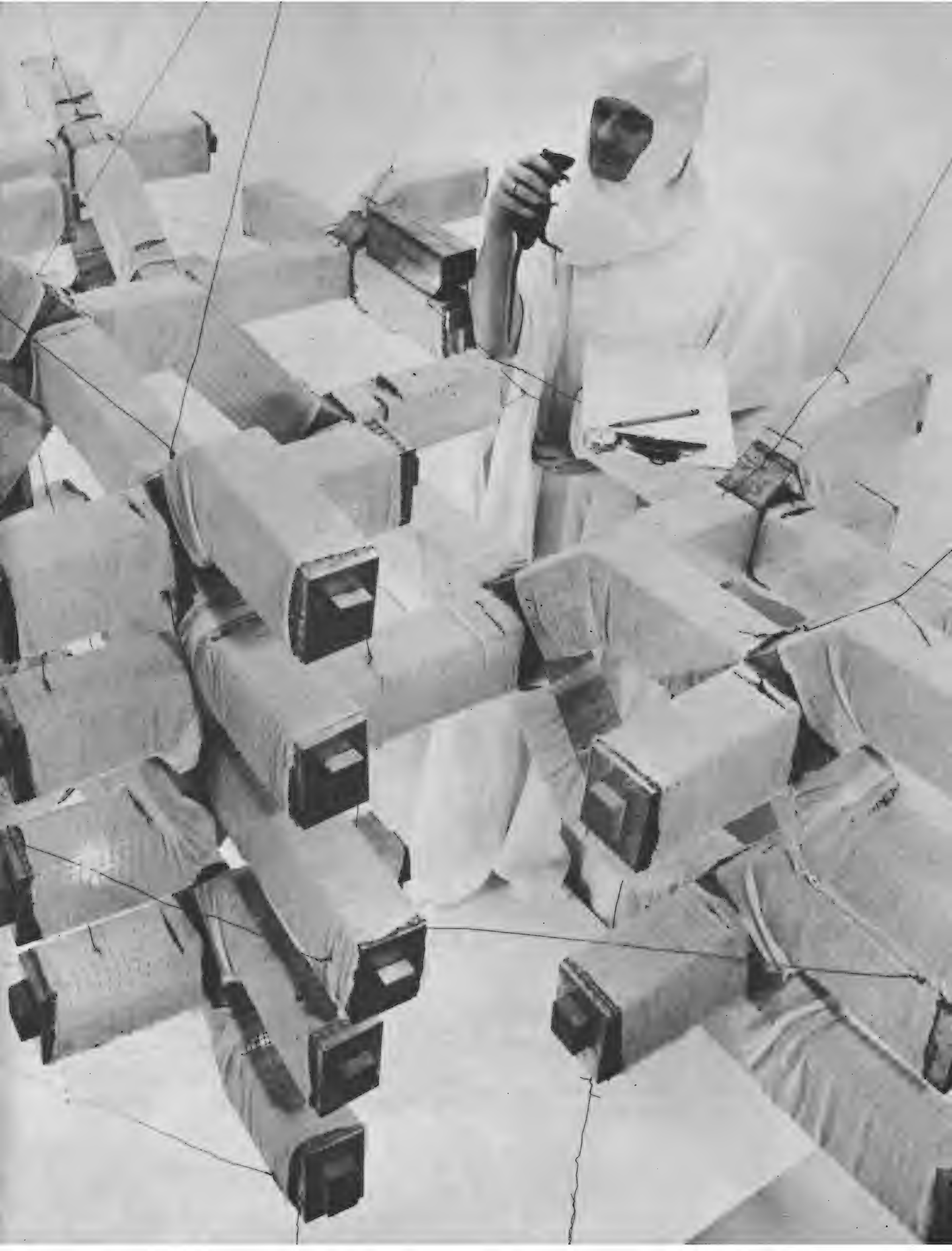
На этой фотографии, сделанной с многократным использованием импульсной лампы, изображена летучая мышь, которая бросает пойманную ею бабочку. Причина, вероятно, кроется в острых щетинках на ногах насекомого, делающих его несъедобным. Очевидно, летучая мышь руководствуется теми неприятными ощущениями, которые она испытывала когда-то раньше, пытаясь проглотить такое насекомое.

Трехмерный лабиринт для «одномерных» крыс

Если вырастить животное в условиях, позволяющих ему перемещаться лишь в одном измерении, сможет ли оно правильно ориентироваться? Приспособится ли оно к жизни в нашем трехмерном мире? Чтобы ответить на эти вопросы, Е. Рей Хоркам из Мичиганского университета воспитывал с момента рождения в специальных лабиринтах три линии крыс. Первый лабиринт был целиком расположен в горизонтальной плоскости, второй — в вертикальной, а третий предоставлял своим обитателям полную свободу выбора направлений движения. После девяти месяцев содержания в столь разных условиях каждую крысу помещали в огромный трехмерный лабиринт и регистрировали ее поведение. Оказалось, что грызуны, воспитывавшиеся в трехмерном лабиринте, легко освоили свое новое помещение. Крысы, привыкшие перемещаться в вертикальном направлении, справились с поставленной задачей почти так же успешно, как и предыдущая группа. Что же касается животных, которые от рождения передвигались только по горизонтали и не имели представления о том, что такое «верх» и «низ», то они часто попадали в затруднительное положение, прежде чем освоились с этим «непонятным» новым миром.



Помещая крыс в трехмерный лабиринт, состоящий из 85 коридоров, экспериментатор драпировал всю лабораторию белой материей и облачался в такой же халат, лишив тем самым подопытных животных всякой возможности зрительно ориентироваться по предметам окружающей обстановки.





Кролик на этой рентгеновской фотографии посылает в эфир постоянный поток радиосигналов от передатчика, соединенного с электродами, контролирующими ритм биения сердца животного. Сопоставляя эти данные с поведением кролика, которое можно наблюдать непосредственно, ученые могут объективно судить о физиологических изменениях, сопровождающих процесс приспособления животного к меняющейся внешней среде.



«Радиофицированный лосось» несет на своем теле передатчик. Располагающий приемником исследователь может постоянно следить за всеми перемещениями рыбы. Прежде подобные сведения удавалось получить только случайно. Рыбу метили металлическим ярлычком, выпускали и ждали известий о ее дальнейшей судьбе уже от рыболовов.



Голубиный радиопередатчик способен транслировать сигналы в течение 20 часов на расстоянии до 30 километров. Изображенная здесь модель весит свыше 55 граммов и оборудована длинной антенной. Последние передатчики такого типа значительно усовершенствованы.

Проникновение в тайны поведения

На первый взгляд может показаться, что ученым известно довольно много о том, как мигрируют животные. В большинстве случаев удалось установить, где именно миграция начинается, где она заканчивается, а также примерный маршрут мигрантов. Но при всей полезности этих сведе-



На шее гризли в виде ошейника закреплены батареи и антенна. Эта портативная техника позволяет получить точные сведения о том, как животное выбирает подходящую территорию, о его перемещениях в течение дня и на протяжении года, о том, где оно впадает в зимнюю спячку и каким образом добывает себе пропитание. Оснастить медведя современной электроникой — задача довольно рискованная, поэтому сначала животному дали большую дозу сильнодействующего снотворного.

ний они еще не объясняют нам, как животные ориентируются во время своих путешествий. Чтобы выяснить, каким образом животные находят правильный путь, биологи заключили союз с инженерами. Возникла новая наука — биотелеметрия. Располагая миниатюрными транзисторными передатчиками, транслирующими данные о том, как изменяется дыхание животных, ритм сердечных ударов, и точно извещающими о случаях, когда животные хотя бы незначительно отклоняются от направления своих странствий, ученые накопили достаточное количество новых сведений, которые позволили сделать весомые предположения о сущности процессов ориентации.



Полная неразбериха, царящая в стайке рыб-белок, сфотографированных в одной из пещер в Индийском океане, казалось бы, свидетельствует о том, что у них утрачено всякое чувство пространственной ориентации. На самом деле те рыбы, которые плавают в перевернутом положении, ориентируются только по свету, отраженному от светлого песчаного дна, и не учитывают направления силы тяжести. Другие, находящиеся в тени, руководствуются исключительно гравитационными стимулами. К сожалению, импульсная лампа, которой пользовался фотограф, исказила естественное распределение света в пещере.

Загадки ориентации

Некоторые примеры искусства ориентации до сих пор не поддаются логическому объяснению. Рыбы-белки, например, ориентируются при помощи двух различных источников ощущений, порой — с совершенно удивительными последствиями. Медлительные моллюски морские блюдечки выскребают неглубокие впадинки на грубой поверхности скалы, так что края их раковин плотно прилегают к бортикам углубления. Это позволяет им запасать влагу на время отлива и успешно противостоять нападениям хищников. Каким-то образом моллюски ухитряются находить обратную дорогу к своим «домикам».

Водоплавающие птицы, подобно белым гусям, ориентируются с помощью зрения — по солнцу и наземным ориентирам. Но зачастую они находят правильное направление и без этих указателей. Они пролетают над облаками, ниже облаков, между облаками, днем и ночью — и все же достигают мест своего назначения. В результате люди наделяют белых гусей удивительными свойствами, в том числе врожденным чувством направления, способностью ориентироваться в магнитном поле и даже феноменальной удачливостью.



Морские блюдечки оставили на скалах следы, когда поедали водоросли. Поиски пищи могут увести моллюсков до полутора метров от их привычного места на скале, но каким-то образом им всегда удается вернуться назад.

Стая белых гусей держит путь к весенним местам гнездования на Арктическом побережье.



Сиамский котенок опасливо поглядывает вниз, боясь упасть с высоты около 60 сантиметров. На самом деле никакой опасности нет, поскольку перед ним находится кусок стекла, служащий продолжением верхней площадки. Котенку еще не пришлось узнать, что такое высота, и тем не менее он не решается наступить на стекло. Этот опыт показывает, что страх животного перед высотой определенно не связан с обучением.

6 Инстинкт или обучение?

Животные действуют инстинктивно, а человек — разумно». Эта модная фраза уже основательно устарела, но до сих пор имеет широкое хождение. Как и всякое общее место, такое высказывание можно толковать по-разному, но в целом речь идет о том, каким образом формируется поведение индивидуума. Иными словами, животные появляются на свет, так сказать, в «готовом виде», располагая уже в момент рождения значительной частью приспособительных форм поведения, тогда как человек должен еще многому научиться. Сейчас нам уже известно, что это не всегда происходит именно так. Поэтому суть проблемы, к которой мы и перейдем, заключается в том, как в течение жизни животного в ходе сложного взаимодействия с внешней средой развивается его поведение.

Поведение многих животных не столь эффективно от начала до конца, как действие механизма, сделанного руками человека. Не существует и таких животных, поведение которых было бы неизменным на протяжении всей жизни. С возрастом механизмы поведения животных меняются. Иногда это происходит постепенно: движения извивающегося в оболочке яйца головастика со временем преобразуются в волнообразные плавательные, человеческое дитя лишь с годами приобретает способность уверенно передвигаться на двух ногах. К некоторым действиям животное готово «с первого раза»: бабочка, едва появившись из куколки, поднимается в воздух и летит, птенец гаги через два часа после вылупления прыгает в воду и с первой же попытки прекрасно ныряет, детеныш шимпанзе, живущий в зоопарке, однажды перекувырнувшись через голову, с тех пор часто проделывает тот же трюк. Такие поступки могут проявляться в самом начале жизни животного: каракатица, только что освободившаяся из яйцевой оболочки, ловко ловит свою первую креветку. К другим действиям — особенно к тем, которые у высших живот-

ных связаны с процессом размножения, — они способны не сразу, а в более зрелом возрасте. Наиболее легко заметны изменения в телодвижениях, в двигательном стереотипе. Вспомните, как ваш любимый щенок обучался подбегать на свист. Однако подобные внешние преобразования основаны на скрытых видоизменениях внутренних механизмов. Вы полагаете, что щенок просто научился *подбегать к вам*. На самом деле он научился *подбегать к вам в ответ на стимул, который прежде не вызывал у него подобного поведения*.

Мы еще мало знаем о возрастных изменениях поведения животных, однако нет сомнения в том, что они весьма существенны и разнообразны. В качестве примера познакомимся с изменениями поведения чайки в первые месяцы ее жизни.

Птенец появляется на свет в результате серии энергичных движений — многократно вытягивает вперед шею и в конце концов пробивает себе путь через скорлупу яйца. Специальные мышцы, используемые для этой цели, сослужив свою службу, вскоре деградируют. Первое время птенец сидит в гнезде неподвижно, а родители обогревают его. Через несколько часов он окончательно обсыхает и его оперение становится пушистым. Уже в это время он иногда робко клюет кончик родительского клюва, когда отец или мать наклонят голову к гнезду. Это повторяется все чаще и чаще, да и сами клюющие движения, вероятно, становятся более точными. Вскоре в ответ на это родители начинают отрыгивать пищу. Птенец берет ее из клюва взрослой чайки и проглатывает. В следующие несколько часов он пытается встать. Сначала эти попытки нерешительны, но вскоре он уже хорошо держится на ногах.

Окончательно вступив в мир, птенец начинает приводить в порядок свое оперение. Еще до того, как окончится его первый день, он в состоянии сделать несколько неловких шажков, а на второй день уже покидает гнездо. Когда на колонию нападает какой-нибудь хищник и взрослые птицы с тревожными криками носятся в воздухе, птенец затаивается. Через несколько дней тревожный крик взрослой чайки вызывает у него значительно более сложную реакцию — прежде всего он оставляет гнездо, бежит в какое-нибудь укрытие и, только оказавшись там, затаивается. Пройдет еще некоторое время, и каждый птенец при появлении опасности будет укрываться в совершенно определенном месте. Уже в течение первой недели юная чайка взмахивает крыльями. К исходу второй — кричит при виде незнакомца, а несколько позже будет бросаться на него.

Некоторое время спустя птенец уже самостоятельно разыскивает корм. Сначала он клюет самые разнообразные предметы, но вскоре обучается игнорировать несъедобное и проглатывает лишь то, что действительно может служить пищей. Взмахи крыльев, предшествующие будущему полету, становятся все более уверенными, и в возрасте четырех-пяти недель молодая чайка уже способна летать. Однако приземляется она еще очень неловко, без учета направления и силы ветра. Первые две-три попытки сесть при сильном попутном ветре, как правило, оканчиваются падением. Когда чайка впервые видит воду, она погружает в нее клюв, а иногда сразу же пьет. Но первое время птица пытается «пить» с любой гладкой блестящей поверхности. Однако вскоре она действительно начинает узнавать воду. Кончив пить, чайка часто, стоя на земле и лишь опустив в воду кончик клюва, проделывает движения, имитирующие купание, а несколько дней спустя купается уже по-настоящему.

Вот типичный пример того, как формируется поведение животных. Некоторые действия сразу совершаются вполне удовлетворительно, а то и безупречно, другие постепенно совершенствуются. С первого взгляда вы склонны назвать поведение первого типа врожденным, а развитие и усовершенствование движений второго типа отнести за счет постепенного обучения. Когда птенец чайки затаивается, впервые в своей жизни услышав тревожный крик взлетающих родителей, его поведение выглядит врожденным, возникшим без обучения. Возможно, так оно и есть. Но, с другой стороны, птенец мог слышать этот крик и ранее, когда еще не вылупился из яйца. Поскольку встревоженные родители на время оставляют гнездо, этот крик мог ассоциироваться у него с охлаждением. Поэтому не удивительно, что первоначально птенец «затаивается» в ответ на понижение температуры и лишь позже эти движения ассоциируются с тревожным криком взрослой чайки.

И наоборот, постепенное совершенствование летательных движений, казалось бы, является результатом постоянного упражнения. Чтобы проверить это предположение, ставили многократные опыты с молодыми голубями, которых держали в узких керамических трубах, где они попросту не могли пошевельнуть крыльями. Но когда этих птиц выпустили на свободу вместе с нормально выросшими голубями того же возраста, только что научившимися летать, оказалось, что они летают ничуть не хуже! Очевидно, постепенное совершенствование движений, наблюдаемое в обычных условиях, может происходить и без всякой тренировки. Неуклюжесть первых попыток молодой птицы объясняется, возможно, тем, что потребность летать возникает прежде, чем окончательно сформируются крылья и управляющая полетом мускулатура.

Эти факты приводят нас к заключению, что даже самые точные наблюдения недостаточны и могут ввести в заблуждение. Если мы хотим по-

лучить надежные сведения по вопросу, является ли та или иная форма поведения врожденной, формируется ли она в результате обучения или обязана своим появлением сочетанию этих двух процессов, нам обязательно придется прибегнуть к эксперименту. Но прежде всего хотелось бы немного более четко сформулировать стоящую перед нами проблему.

Явление, которое нам предстоит объяснить, — это смена механизмов поведения в ходе развития. Сюда относится появление новой формы поведения, исчезновение старой или, особенно часто, усовершенствование каких-либо реакций. Все эти многочисленные изменения можно легко увидеть. Но одновременно меняется и восприимчивость животного к тем или иным стимулам. Таким образом, наблюдения за внешним проявлением перемен в поведении и описание этих перемен, пусть даже сделанное с предельной точностью, — это не более чем первые шаги. Значительно труднее понять, чем вызваны эти перемены, каковы их причины.

Изучение стоящей перед нами проблемы необходимо начинать с того же, с чего мы начали бы любое другое исследование поведения, — с разграничения внутренних побудительных причин и тех, которые действуют на животное извне.

Давайте рассмотрим сначала причины внешние. Вылупившийся из яйца гусенок вскоре уже способен ходить. Его движения направленны: он начинает следовать за своей матерью-гусыней. Если гусенок некоторое время сопровождал мать, то никакое другое животное позже уже не увлечет его за собой. Но если птенец вывелся в инкубаторе и никогда не видел гусыню, он с равным успехом пойдет за любым движущимся объектом, будь то другое животное или синий воздушный шар, передвигаемый с помощью бечевки. А отправившись однажды вслед за таким необычным лидером и сопровождая его некоторое время, гусенок и впредь будет ходить только за ним и откажется следовать даже за гусыней с выводком. Этологи в таких случаях говорят, что у птенца произошло «запечатление» на искусственную родительскую особь — любой объект, впервые пробудивший у птенца эту своеобразную «реакцию следования».

Этот пример показывает, что гусенок будет вести себя нормально, то есть ходить или плыть следом за своей матерью, только в том случае, если его мать — первая, кого он увидит после вылупления. Пользуясь технической терминологией, можно сказать, что реакция следования «запрограммирована» от рождения не полностью. Каковы бы ни были врожденные реакции гусенка, они нуждаются в дополнительной «достройке» факторами из внешнего мира.

В других случаях нет нужды в дополнительном программировании: ответ на внешнее воздействие явно не зависит от обучения. Если выведенного в инкубаторе птенца обыкновенной чайки выдержать в течение нескольких часов в полной темноте, а затем показать ему ряд моделей клюва взрослой чайки, выкрашенных в разные цвета, то мы убедимся, что птенец будет наиболее энергично реагировать на красную модель, по цвету более всего напоминающую клюв его родителей. Наш птенец до этого ровным счетом ничего не видел, и, уж конечно, не мог он видеть и взрослой чайки. Поэтому ясно, что реакция на цвет родительского клюва основывается исключительно на внутренней программе.

Итак, два последних примера показывают нам, что поведение может основываться как на внутреннем, так и на внешнем программировании. Внешнее программирование осуществляется благодаря индивидуальному приспособлению животного к окружающему миру в ходе накопления опыта. Внутреннее программирование, как мы увидим несколько позже, есть результат постепенной эволюции вида. Длительные взаимоотношения вида с окружающим миром можно уподобить некой игре, в основе которой лежит метод проб и ошибок. Одно поколение за другим предоставляет богатый и разнообразный материал на суд естественного отбора, который выпалывает все вредное и сохраняет для будущих поколений наиболее эффективные наследственные программы.

Подобно тому как формируется реакция следования, развиваются и многие другие формы поведения. Вероятно, наиболее простой случай — когда животное привыкает к тем или иным внешним стимулам. Например, у птенцов фазанов, кур, индеек с возрастом меняется отношение к движущимся предметам, которые они видят в воздухе у себя над головой. Первоначально птенец при появлении подобного предмета затаивается или прячется. Значение этих действий очевидно — необходимость защиты от пернатого хищника. Однако, после того как птенец несколько раз затаивался, реакция ослабевает: общий безраздельный страх перед всем, что пролетает над головой, утрачен. Иными словами, восприимчивость к внешнему стимулу постепенно снижается. Этот процесс, обычно называемый «привыканием», чрезвычайно полезен: если бы птенец при виде пролетающей над ним птицы всякий раз затаивался, он тратил бы бо́льшую часть своего времени впустую.

Значит ли это, что птенец, становясь старше, будет игнорировать любую птицу, пролетающую у него над головой? В том-то и дело, что нет, и это наиболее замечательная и любопытная черта привыкания. Молодая птица привыкает лишь



МОГУТ ЛИ МАЛЕНЬКИЕ ПТЕНЦЫ ОТЛИЧИТЬ УТКУ ОТ ЯСТРЕБА?

Постоянно наблюдая, как маленькие птенцы многих видов выводковых птиц пугаются и затаиваются при появлении ястреба, но не обращают внимания на пролетающих у них над головой безвредных птиц, вроде утки, ученые пришли к выводу, что у цыпленка или фазаненка существует врожденная способность отличать силуэт пернатого хищника с короткой шеей (рисунки голубого цвета) от силуэта безопасных птиц с длинной шеей. Однако более поздние исследования показали, что это явление следует объяснять иначе.

к объектам, которые она видит часто, — к певчим птицам, к летящим с деревьев листьям. Отныне реакцию тревоги вызывают лишь такие объекты, конфигурация которых нова или необычна для птенцов. А поскольку хищные птицы вообще гораздо малочисленнее прочих безвредных пернатых, то очень мало шансов, что силуэт воздушного хищника станет для птенца привычным. Поэтому птенец не обращает внимания на пролетающую стайку воробьев, но затаивается при появлении в небе ястреба. Птенец никогда не подвергался нападению ястреба, он не знает, что ястреб опасен, но, несмотря на свою полную неосведомленность, все же ведет себя «правильно». И мы начинаем думать, что затаивание — врожденная форма поведения. В действительности это не так: избирательное затаивание является лишь результатом «пробела» в привыкании. Научившись узнавать безопасные объекты, птенец затаивается при виде таких, безопасность которых еще предстоит проверить при дальнейшем знакомстве с ними.

Итак, перед нами негативный процесс — птенец учится не затаиваться. Как раз противоположное мы видим в ряде других случаев, когда животное обучается что-то делать, то есть реагировать на стимул, который первоначально был ему безразличен. Это явление стало известным благодаря исследованиям Ивана Петровича Павлова. В его опытах по выработке условных рефлексов кормление собак всегда сочеталось, например, со звонком. После многократного повторения эксперимента у собаки при подаче только звукового сигнала начинается слюноотделение. Важно отметить, что это происходит в результате обучения. Обучение широко распространено в природе: хищные птицы регулярно возвращаются на место удачной охоты, а кот бежит на кухню, когда слышит, как точат нож для резки мяса.

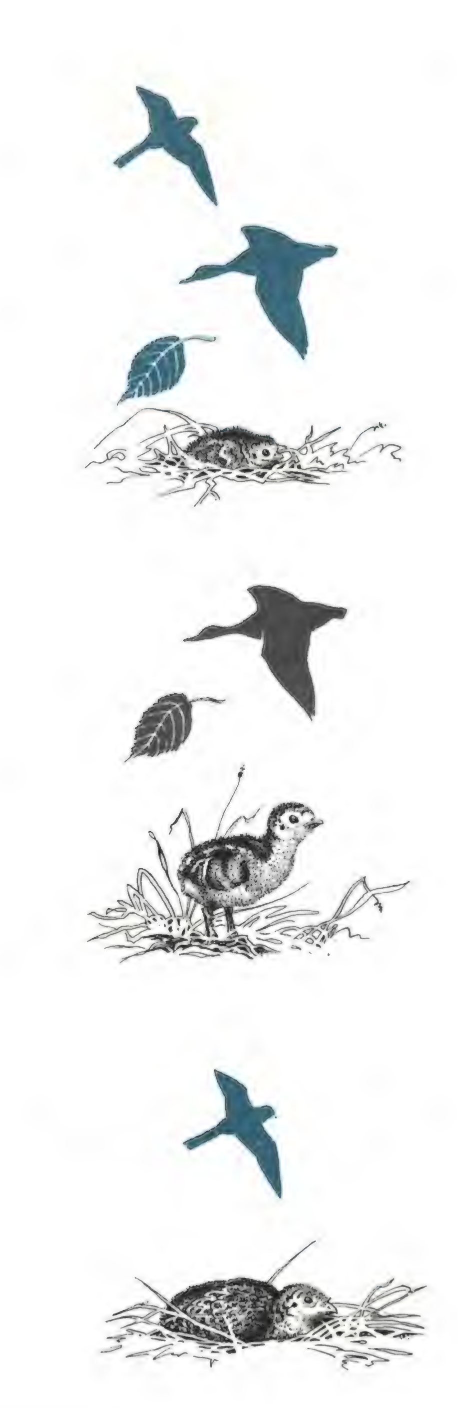
И собака Павлова, и кот научились что-то делать. Это позитивный процесс. Наблюдатель несколько озадачен, когда видит положительное обучение, внешне похожее на негативное. Что можно сказать по поводу действий щуки, которая на опыте учится не трогать колюшку? Позитивный это процесс или негативный? Молодая неопытная щука будет вновь и вновь пытаться поймать эту небольшую колючую рыбку, но со временем убедится, что острые шипы не позволяют ей проглотить добычу. После нескольких неудачных попыток щука перестанет обращать внимание на колюшек. Хотя это выглядит как привыкание, на самом деле перед нами совершенно иное явление. Щука не привыкает к колюшке, а на практике знакомится с определенным объективным фактом: маленькая колючая рыбка несъедобна, ее следует избегать. Именно способность хищников к обучению на основе жизненного опыта и делает многих мелких животных непри-

косновенными. Вот почему некоторые насекомые демонстрируют так называемую предостерегающую окраску, которая извещает о том, что обладатель ее или ядовит, или неприятен на вкус, или попросту защищен крепкой броней. Птицы обучаются не трогать таких насекомых после первого же неприятного знакомства с ними. Все это не имеет ничего общего с привыканием; животное не просто становится невосприимчивым к тому или иному стимулу, но в корне меняет свое отношение к нему.

Другая, хотя и менее распространенная форма взаимоотношений животного с внешней средой — это обучение посредством имитации. Нечто подобное мы встречаем у певчих птиц, которые правильно поют лишь в том случае, если имели возможность слышать песню других особей своего вида. Молодой зяблик, который воспитывался в неволе и никогда не слышал пения других зябликов, так и не будет петь правильно. Все, на что он способен в этом случае, — это лишь какое-то «неразборчивое» щебетание. Если же на протяжении тех недель, в течение которых формируется песня, молодой самец будет слышать пение старого, опытного зяблика, то и у него разовьется нормальная, характерная для вида песня. Талант имитации звука у некоторых видов птиц достигает большого совершенства. Индийский скворец майна — подлинный чемпион в этом деле

Один мой немецкий коллега провел удивительный эксперимент со снегирем. Молодого самца выкормила самка канарейки. Воспитываясь в окружении птиц другого вида, этот снегирь настолько точно воспринял их песню, что его пение ничем не отличалось от пения канареек. Позже этот самец вместе с самкой своего вида вырастил выводок молодых снегирей, среди которых было два самца, полностью перенявших от отца канареечную песню. Одного из них увезли в другое место. Там к нему подсадили самку его же вида. Прошло два года, и один из потомков этой пары, самец, был возвращен моему коллеге. Каково же было его удивление, когда оказалось, что внук нашего первого снегиря в совершенстве имитировал песню канарейки, которой его дед научился четыре года назад!

Совершенствование движений путем тренировки — явление столь же широко распространенное. Как мы уже видели, птице не нужно обучаться, чтобы впервые подняться на крыло. Но в совершенстве она осваивает искусство полета, очевидно, только на практике. Мы уже говорили, что молодые чайки должны научиться приземляться против ветра. То же самое можно сказать и о многих других птицах. Вероятно, приземление вообще трудное дело: попав в восходящий поток воздуха, молодые птицы взлетают все выше и



ДА, НО ОНИ ДОЛЖНЫ НАУЧИТЬСЯ НАХОДИТЬ РАЗЛИЧИЯ

Первоисточник пугливого затаивания птенцов — в их врожденной тенденции поступать так во всех случаях, когда нечто пролетает у них над головой, будь то безопасные для них птицы, или пернатые хищники, или даже падающие с деревьев листья (верхний рисунок). По мере того как птенцы взрослеют, они постепенно приучаются к виду этих привычных для них объектов (средний рисунок) и утрачивают страх перед ними. Однако вид пролетающего хищника никогда не станет для птенцов привычным (нижний рисунок), ибо эти пернатые разбойники попадаются на глаза достаточно редко.

9—114

выше и подвергаются опасности быть унесенными сильным ветром, заблудиться и погибнуть.

Все эти примеры обучения характеризуются двумя общими чертами: первое время поведение несовершенно и, чтобы оно стало полноценным, животное должно приобрести тот или иной жизненный опыт. Так, птенец постепенно перестает затаиваться, когда на опыте многократно убеждается, что ничего страшного не происходит.

Наиболее сложные взаимоотношения с окружающим миром (разумеется, после человека) наблюдаются у обезьян. Г. Харлоу и его сотрудники из Висконсинского университета провели интересные эксперименты с целью изучения развития поведения у макака резуса. Если большинство низших животных появляется на свет, располагая множеством качеств, которые позволяют им часто действовать вполне эффективно, то макак оказывается гораздо менее подготовленным к вступлению в окружающий мир. Все, чем обладает новорожденная обезьянка, — это ряд довольно неопределенных потребностей и побуждений, которые развиваются лишь в ходе постоянного взаимодействия с внешней средой. Основная потребность детеныша — это стремление к безопасности, и в нормальных условиях мать «защищает» его прежде всего тем, что позволяет цепляться за себя. Детеныши, лишенные этих и некоторых других проявлений материнской заботы, чувствуют себя настолько подавленными, что не решаются пуститься в исследование окружающего мира и, таким образом, не способны приобрести необходимый жизненный опыт. Отсутствие ухода со стороны матери впоследствии сказывается не менее пагубно и на способности детеныша-сироты к общению со своими сородичами: становясь чересчур агрессивной или, напротив, индифферентной, такая обезьяна не способна не только установить нормальные взаимоотношения с ними, но даже нормально спариваться.

Подобные вещи обнаруживаются и у других млекопитающих — у дикой кошки, крысы, горного козла. Весьма вероятно, что в ряде случаев нечто подобное имеет место и у ребенка — в самом деле, ведь мы в еще большей степени полагаемся на свой индивидуальный опыт.

Уделяя слишком много внимания чему-то одному, мы легко можем не заметить множества других вещей — такова уж человеческая природа. Усиленные поиски разнообразных результатов индивидуального опыта не должны уводить нас от факта, что у большинства животных поведение запрограммировано внутренне. Даже когда поведение формируется в ходе взаимодействия с внешней средой, этот процесс есть не что иное, как изменение уже функционирующего поведения, и функционирующего достаточно хорошо. Например, когда гусенок учится идти следом за тем движущимся объектом, который он увидел впервые, то даже самые первые действия птенца не беспорядочны, не случайны. Птица идет, и уже это само по себе — достаточно сложное и координированное действие, хотя, возможно, вначале и не безупречное. Кроме того, гусенка привлекает не каждый предмет, а лишь такой, который обладает рядом вполне определенных особенностей. В частности, он должен находиться в движении и обладать не слишком большими и не слишком малыми размерами. Первый полет голубя или бабочки, как мы видели, не отличается совершенством, однако движения животных при этом весьма умелы. Известно также, что сигнальные позы и телодвижения многих видов рыб и птиц не являются результатами обучения. Действия такого рода нормально развиваются у животных, выращенных в одиночестве или даже приемными родителями другого вида.

Наши познания обо всех этих явлениях крайне скудны. И тем не менее мы уже начинаем понимать, что, с одной стороны, поведение большинства животных достаточно хорошо запрограммировано от рождения, а с другой стороны, часто необходимы разнообразные «уточняющие инструкции» из внешнего мира, с тем чтобы поведение взрослого индивидуума стало столь поразительно действенным. Говорить об этих вещах нужно с большой осторожностью, поскольку до сих пор нет удовлетворительной общепринятой терминологии. Особенно это относится к слову «врожденный» — его использование приводило к недоразумениям, поскольку разные люди придают ему различное значение. Таким образом, проблема затрудняется словесной путаницей, но я попытаюсь разъяснить суть дела на примере

Давайте познакомимся с агрессивным поведением самца трехиглой колюшки, пребывающего в состоянии половой активности. Эта рыбка, как нам уже известно, более склонна нападать на красные предметы, чем на все прочие. Поставим опыт, чтобы узнать, является ли такое поведение врожденным или оно приобретается за счет обучения. Возьмем несколько икринок и вырастим из них рыбок таким образом, чтобы они до полного созревания никогда не видели других рыб или каких-либо иных объектов такого же размера. Только когда колюшка-самец достигнет половой зрелости, мы покажем ему другого самца того же вида в состоянии брачного возбуждения или похожий на него макет, предварительно выкрасив его нижнюю сторону в красный цвет. В естественных условиях окрашенный таким образом соперник подвергнется нападению. Ринется в атаку и наш, выращенный в изоляции самец.

Казалось бы, ответ ясен. Поскольку изолированная рыбка не могла прежде видеть соперников и научиться нападать на них, кажется, что ее поведение врожденно. Но продемонстрировать, что для нормального развития нет необходимости в некоторых процессах обучения, — это еще не значит доказать врожденный характер поведения. Чтобы доказательство было действительно надежным, мы должны быть уверены, что во взаимодействии с окружающей средой вообще нет необходимости. Мы же в своем эксперименте, конечно, не могли полностью устранить многочисленные взаимодействия внешнего мира. Например, вполне возможно, что развивающиеся глаза колюшки на определенной стадии нуждаются в воздействии света и только в этом случае они правильно функционируют в дальнейшем. Во всяком случае, известно, что именно это происходит при развитии головастика и некоторых высших животных. Возможно, и наша колюшка подчиняется этому правилу — мы просто еще не знаем этого. Таким образом, если под словом «врожденный» иметь в виду «полностью запрограммированный и формирующийся без контроля внешней среды», то описанную форму агрессивного поведения колюшки нельзя назвать врожденной, пока не изучены возможные внешние воздействия в период раннего развития рыбки.

Но слово «врожденный» можно понимать и иначе: «окончательно сформировавшаяся рыба, все органы чувств которой достигли полного развития, демонстрирует сложные координированные действия без предварительной тренировки или имитации». Но даже и в этом случае термин «врожденный» может привести к недоразумениям, поскольку уводит нас в иную, хотя и очень важную сторону проблемы. Давайте понаблюдаем за только что вылупившимся цыпленком, когда он впервые пытается клевать. Увидев зерно, птенец хочет клюнуть его, но обычно промахивается. Только спустя несколько дней движения клюва становятся заметно более точными. Можно ли сказать, что совершенствование движений есть результат обучения, когда точный удар клюва вознаграждается порцией пищи, а при неточном птенец не получает ничего? Казалось бы, дело обстоит именно так. Однако бесхитростный опыт показывает ложность нашего вывода. На глаза цыпленку надели специальные очки, искажающие местоположение предмета. Птенец видел зерно не там, где оно было на самом деле, а в 12 миллиметрах в сторону. Удары клюва цыпленка первое время были неточными, но по мере того, как он рос, становились все точнее, несмотря на то что дезориентирующие линзы никогда не позволяли птенцу схватить зерно. Итак, не получая вознаграждения, он все же совершенствовал свои способности. Очевидно, этот процесс нельзя назвать обучением, и нам не известно, что это такое. Возможно, по мере того как птенец начинает тверже держаться на ногах, возрастает и его способность точно нацеливаться клювом, хотя такое объяснение может показаться неожиданным.

Какое бы значение мы ни придавали слову «врожденный», в любом случае мы ничего не узнаем о внутренней программе поведения, если будем подвергать животное только внешним испытаниям. Можно изолировать животное, можно вырастить его в абсолютной темноте или в полной тишине и тем самым доказать, что внешние факторы не влияют на его развитие. Но одни только отрицательные данные, попытка доказать нечто путем устранения тех или иных внешних условий не приведут нас к желаемому результату. Идя по этому пути, нельзя доказать, что поведение формируется исключительно за счет внутренних причин, не говоря уже о том, что нельзя узнать, как оно развивается. Наши задачи требуют, чтобы мы разобрались в самих процессах развития. Причины, контролирующие поведение извне, можно изучить, лишь выращивая животных в разнообразных внешних условиях. Точно так же внутренний контроль можно познать, лишь вторгаясь во внутреннюю среду организма.

Опыты последнего рода пока еще не осуществляются в широком масштабе, но один пример заслуживает того, чтобы рассказать о нем подробнее. Если пощекотать кожу на спине лягушки, последняя в ответ почешет это самое место точно рассчитанным движением лапки. Дотроньтесь до брюшка, и лягушка будет почесывать брюшко. Это происходит потому, что чувствительные нервы, соединяющие любой участок кожи со спинным мозгом, сообщают лягушке о том, какое место ее тела подвергается внешнему воздействию. Если на ранней стадии развития животного — прежде чем нервы, ответвляющиеся от спинного мозга, достигнут кожи и войдут с ней в контакт — переменить местами кусочки кожи со спины и с живота, то в дальнейшем мы увидим нечто довольно неожиданное. После того как установится нервная связь между кожей и спинным мозгом, пощекочем лягушке пересаженный на спину кусочек брюшной кожи — она в ответ начнет почесывать брюшко, и, наоборот, прикосновение к спинной коже, пересаженной на брюшко, заставит лягушку почесывать спину.

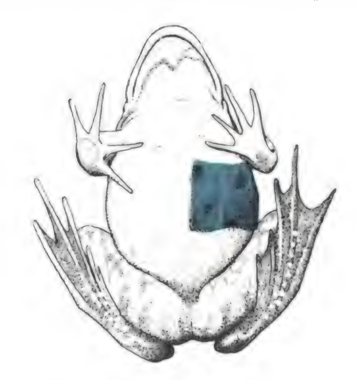
Этот эффектный опыт можно объяснить только однозначно, и объяснение оказывается поразительным. Прежде всего надо подчеркнуть, что пересаженные кусочки кожи после трансплантации развиваются вполне нормально. Тем не менее кожица, взятая со спины, оказавшись посреди белого брюшка, останется темно-зеленой, а кусочек кожи с брюшка сохранит свою белую окраску

В КАКОМ МЕСТЕ ПОЧЕШЕТСЯ ЛЯГУШКА?

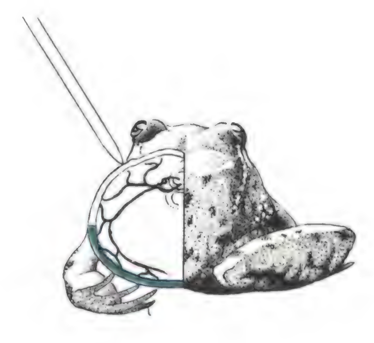
Способность лягушки узнавать, в какой именно части ее тела появился зуд и как правильно реагировать на это (почесыванием соответствующего участка кожи), проистекает из тонкого взаимодействия кожи и подходящих к ней нервов. Химические различия разных участков кожи еще на самых ранних стадиях развития лягушки способствуют тому, что нервы как бы «обучаются» точно реагировать на прикосновение к «своим» участкам кожи. Ниже показано, как это было продемонстрировано в эксперименте.



Прежде всего со спины лягушки удалили кусочек кожи — темно-зеленого цвета, со своими особыми химическими свойствами — и заменили его белым кусочком брюшной кожи.



Затем кусочек спинной кожи пересадили на брюшко молодого лягушонка, когда еще окончания чувствительных нервов животного не доросли до кожи и не подверглись ее влиянию.



Теперь нервные окончания достигли кожи и передают команду «почесывай брюшко!» при прикосновении к любому участку брюшной кожи независимо от того, расположен этот участок на брюшке или на спине.

на зеленом фоне спины. Это доказывает, что пересаженные кусочки сохраняют свою изначальную химическую природу. Очевидно, именно химические различия между кожей спинки и брюшка определенным образом извещают нервы, как бы говоря: «Я кусочек спинной кожи» или «Я кусочек брюшной кожи», — независимо от того, где эти кусочки находятся в настоящий момент. Иными словами, не местоположение, а химическая природа того участка кожи, в который врос определенный нерв, раз и навсегда определяет, как он должен работать.

Итак, мы познакомились с экспериментом, который непосредственно демонстрирует нам один из типов внутреннего программирования: кожа задает определенную программу своим чувствительным нервам. Как это происходит, пока не ясно, но факт налицо, причем доказывается это не путем устранения внешних воздействий, а путем вмешательства во внутренние процессы.

Пока еще мы почти ничего не знаем о природе внутреннего контроля над развивающимся поведением и слишком мало — о не менее сложной проблеме: как влияет на развитие поведения почерпнутый из внешнего мира опыт. Ученые проверяют свои теории, которые должны раскрыть нам тайну того, как обучение влияет на формирование поведения. Затрачиваются огромные усилия, чтобы разгадать сущность внутренних регулирующих факторов. Все это делает науку о поведении одной из самых сложных, именно поэтому она далеко еще не вышла из детского возраста.

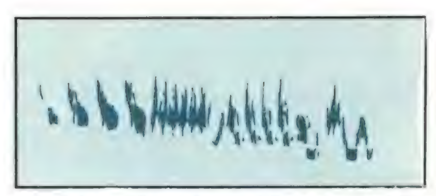
Кое-что нам все-таки известно. Мы уже знаем, например, что многие сложные формы поведения нельзя назвать ни всецело врожденными, ни всецело приобретенными; они представляют собой комбинацию того и другого. Посмотрим, как белка разгрызает орех лещины. Опытная белка захватывает орех так, чтобы начать работу с самого уязвимого места — неглубокой бороздки на скорлупе. Зверек быстро углубляет ложбинку, поворачивает орех своими «ручками», еще раз сильно вгрызается в него — и скорлупки падают на землю. Совсем иначе выглядят действия молодой белки, которая воспитывалась на другом корме и не практиковалась в раскусывании орехов. Сначала бельчонок ведет себя так, словно он самый искусный мастер всего беличьего племени. Схватив орех, он поворачивает его туда-сюда, грызет с большой живостью и спустя некоторое время раскусывает скорлупку. Однако затрачиваемые им усилия крайне неэффективны: вместо того чтобы углублять зубами бороздку, неопытная белка грызет всю поверхность ореха, принимается за работу снова и снова в разных местах и тратит впустую массу времени и энергии. Короче говоря, у белки внутренне запрограммированы такие действия, как умение манипулиро-

вать орехом, грызть его и раскусывать, но делать все это наиболее эффективным образом она должна еще научиться на собственном опыте.

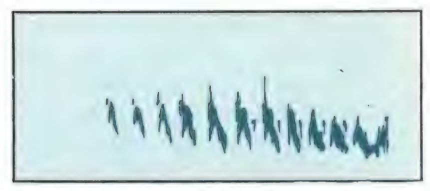
Можно познакомиться и с другим примером совершенствования врожденных способностей в результате обучения, если понаблюдать, как учится петь зяблик. Мы уже знаем, что птица, выросшая в изоляции, способна лишь к щебетанию, сильно отличающемуся от обычной песни зяблика. Однако и это щебетание обладает рядом характерных особенностей, в частности сохраняет ритм нормальной песни зяблика. Воспитанный в одиночестве зяблик способен научиться разным песням, но легче всего — песне своего вида. Итак, быстрее и лучше всего научить птицу той песне, которая предопределена внутренней программой.

Более того, эти специфические способности и склонности к обучению сами изменяются на протяжении жизни животного. Многие навыки оно может приобрести лишь в определенное, строго ограниченное время. Утенок или гусенок в разное время не одинаково предрасположен к импринтингу, или «запечатлению». Если утенка, вылупившегося в инкубаторе, в течение нескольких дней держать в одиночестве, то, хотя в остальном его поведение будет вполне нормальным, птенец вообще утратит способность к «запечатлению». Стремление следовать за матерью и способность научиться узнавать ее появляются у птенца вскоре после того, как он вылупился из яйца, достигают наивысшего развития через несколько часов и затем постепенно исчезают. То же самое можно сказать и в отношении многих других способностей. Так, искусство полета, вероятно, осваивается до тонкостей в течение первых нескольких месяцев после вылета птенцов из гнезда, и если в этот период воспрепятствовать постоянной тренировке, то позже обучение затрудняется. Роющая оса точно заучивает ориентиры вокруг своего гнезда в те несколько секунд, которые требуются ей для осмотра местности. Иными словами, в жизни животных существуют некие «критические периоды», когда они более готовы научиться тем или иным вещам, нежели в любое другое время. И конечно, в нашу задачу входит узнать, чем определяется начало и конец подобных критических периодов.

Изучение животных в их естественном окружении позволило обнаружить много разных примеров такого рода коренных факторов, определяющих готовность к обучению. После того как шмель, посетивший медоносные цветы в поисках пищи, найдет новый богатый источник нектара, он обязательно совершит короткий рекогносцировочный облет местности, с тем чтобы знать, где он сможет найти нектар в следующий раз. Но не каждый медонос стимулирует подобное поведение. Например, наперстянка, растение с крупными цветками, заметными издалека, не вызывает у шмеля этой реакции. Лишь медоносы со скромными, маленькими цветочками побуждают шмеля запомнить окружающую местность. Полезность этого очевидна. Но что именно определяет «решение» шмеля обучаться или не обучаться в каждом данном случае, далеко не столь очевидно.



ПЕСНЯ «ОБУЧЕННОГО» ЗЯБЛИКА



ПЕСНЯ «НЕОБУЧЕННОГО» ЗЯБЛИКА

МОЖЕТ ЛИ ЗЯБЛИК НАУЧИТЬСЯ ПЕТЬ?

Многие птицы обучаются петь, слыша характерные песни взрослых особей своего вида. Это можно проверить, выращивая молодых птиц в изоляции от себе подобных и записав на магнитофон издаваемые ими звуки. Верхняя спектрограмма — запись песни дикого зяблика. Ее рисунок достаточно разнообразен и включает 4 строфы, звучащие примерно так: «чип-чип-чип-чип, тел-тел-тел-тел, черри-ерри-ерри-ерри, тисси-че-вийооо»; нижняя спектрограмма — запись песни подопытного зяблика, который никогда не слышал настоящей зябличьей песни. Это монотонное «черри-ерри-ерри, тисси-исси-исси». Такой напев сохраняет отдаленное сходство с нормальной песней, но совсем не столь разнообразен. Отсюда следует, что, хотя зяблик и обладает врожденной способностью петь определенным образом, значительная роль в формировании окончательного напева принадлежит обучению.

Ни для кого не является неожиданностью, что обезьяна «умнее» кролика. Равным образом вороны, попугаи и гуси смышленее, чем ястребы, чайки или куры. Животное царство дает нам множество примеров подобных различий в общей понятливости и способности к обучению. Однако слабее изучены другие отличия между видами, не менее глубокие, но не обязательно зависящие от смышлености животного. Кайра нисколько не умнее чайки, однако способна научиться отличать свою кладку от яиц других кайр, чего не скажешь о чайках, хотя они, казалось бы, достаточно смышлены для такой задачи, а их яйца хорошо различаются. Почему же чайки не делают этого? Ответ прост: чайки узнают свое гнездо, детально запоминая окружающую его местность. Точно зная, где расположено гнездо, чайка будет садиться в этой точке на любые предметы, хоть сколько-нибудь напоминающие яйца, например на клубни картофеля.

Натуралиста, знакомого с подобными межвидовыми различиями, поражает тот факт, что у каждого вида формируется такое поведение, которое наилучшим образом приспособлено к его нуждам. Кайре необходимо научиться узнавать свою кладку потому, что эта птица не делает гнезда и яйцо может укатиться в сторону по выступу утеса. Шмелю полезно запомнить расположение тех малозаметных медоносных цветов, которые он впоследствии не сможет увидеть с большого расстояния. Из всего сказанного следует, что удивительной эффективностью обладает не только полностью сформировавшееся поведение, но и способ его формирования.

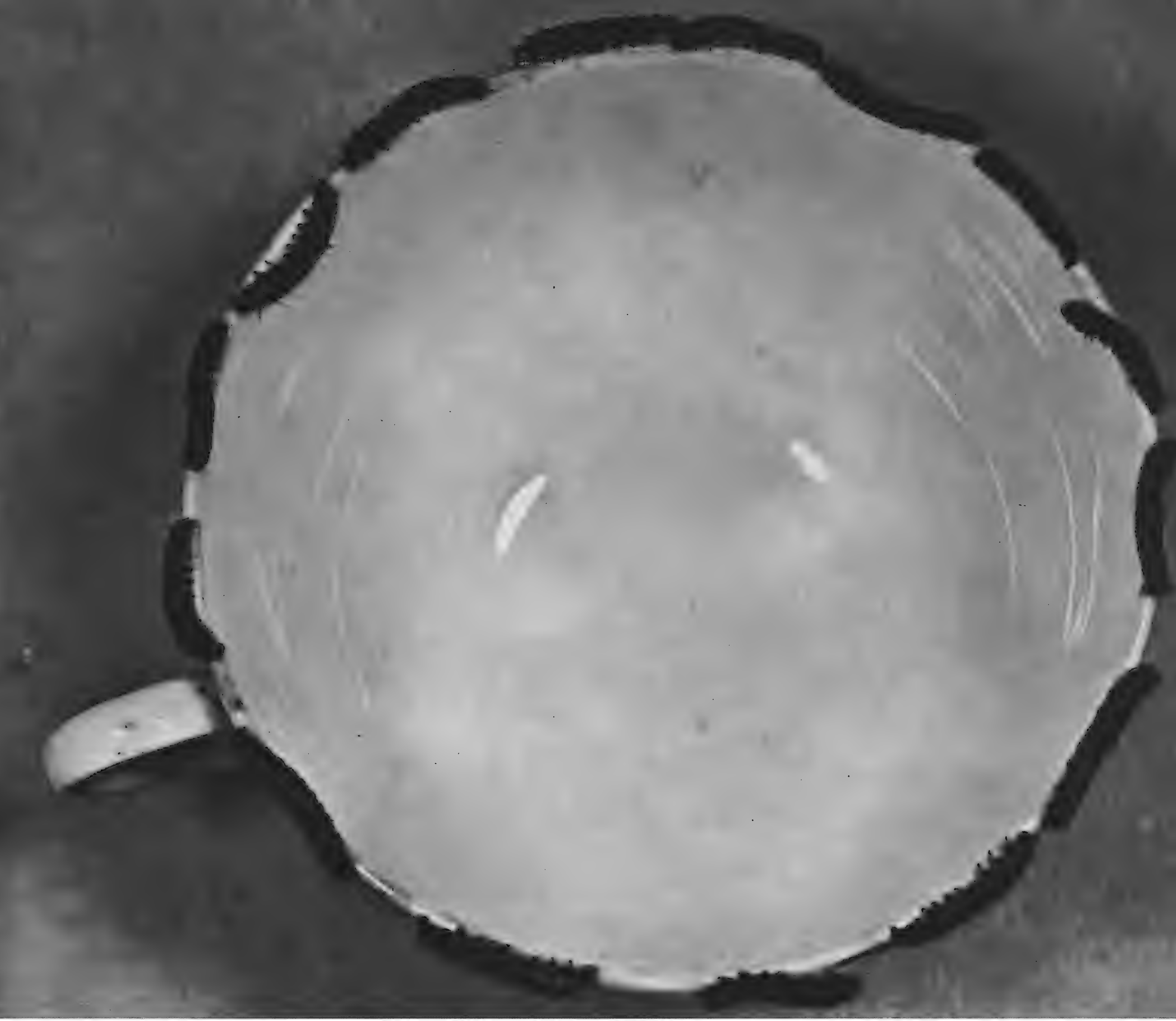
До тех пор пока мы имеем дело с частностями, наше заключение не более как предварительный вывод, но оно становится вполне очевидным, если рассматривать основные различия между отдельными видами или между разными формами поведения у одного и того же вида. Несомненно, что способность взлетать с первой же попытки — это огромное преимущество для птиц, особенно для тех, которые гнездятся на скалах или высоких деревьях. Угроза со стороны хищников делает это просто необходимым. Было бы чересчур опасно обучаться полету так же долго и неловко, как мы сами учимся ходить или плавать. С другой стороны, для птицы может оказаться помехой, если ее врожденные представления о пригодной пище будут слишком узкими и специализированными. Испробовав множество кормовых объектов и научившись на собственном опыте концентрировать внимание на наиболее полноценной и в то же время наиболее обильной пище, животное данного вида сможет извлечь максимальную выгоду в различных местообитаниях и в разные сезоны года. Итак, когда мы изучаем, как формируется поведение, перед нами встает та же проблема, что и при исследовании уже сформировавшегося поведения: мы должны не только понять сущность механизмов, регулирующих развитие, но и выяснить, как эти регулирующие факторы отвечают особым жизненным потребностям вида.

Что можно сказать в этом отношении о нас самих? Хорошо известно, что наше поведение в огромной степени основывается на обучении. Но есть ли в наших действиях некая наследственная, внутренне запрограммированная основа? На этот вопрос очень трудно ответить, поскольку мы не хотим ставить опыты на себе подобных, тем более что для этой цели потребовались бы достаточно смелые эксперименты. Мы можем основываться только на случайных эпизодах из медицинской практики и на некоторых косвенных данных.

Можно думать, что бóльшая часть внутренней программы поведения человека касается элементарных действий, возникающих в ответ на простые воздействия внешней среды. Это различные двигательные шаблоны, вроде моргания, зевоты, плача и улыбки, элементов передвижения, и такие простые реакции, как шлепок ладони при попытке убить докучающую вам муху. Наряду с ними, вероятно, существуют и врожденные программы более высокого уровня, например программа, определяющая непроизвольную реакцию мужчины на облик женщины и наоборот. Следует также упомянуть об агрессивном поведении человека и поведении кормящей матери. Но пока нет четких доказательств, мы должны быть очень осторожны в выводах. Известно, например, что у млекопитающих даже эмбрион в чреве матери подвергается определенным внешним воздействиям и накапливает своего рода «жизненный опыт». А некоторые рефлекторные движения ножек грудных младенцев различаются в зависимости от того, в каком положении находилось их тело в чреве матери.

Природа или воспитание — это проблема первостепенной важности, ибо от того, как мы подойдем к ней, зависит решение многих вопросов, не терпящих отлагательств. Например, в какой степени мы сможем управлять человеческой агрессивностью при помощи образования? Насколько можно регулировать желание людей получить это образование? Как улучшить обучение молодежи? Таких нерешенных вопросов очень много, и не удивительно, что ученые все чаще обращаются к изучению поведения наших ближайших родственников — обезьян. Мы уже видели, что у многих высших животных, особенно у низших и человекообразных обезьян, поведение взрослых особей в сообществах в большой степени зависит от того, каковы были их отношения с матерью в пору детства. Нормальная материнская любовь, выражающаяся в полноценном уходе за детенышем, во всей ее глубине и сложности необходима для последующего развития многих форм общения животного с сородичами. Полученные в клиниках данные свидетельствуют о том, что и у человека дело обстоит сходным образом.

Однако клинические данные не всегда столь убедительны, как прямой эксперимент. Поэтому мы многое сможем узнать о развитии поведения человека, изучая поведение животных. Но нельзя ограничиваться исследованием только наших ближайших родственников — обезьян, так же как и данными медицины. Необходимы опыты с самыми разнообразными существами, чтобы мы могли строить выводы на возможно большем числе источников. Применение наших исследований к познанию человека может оказаться в конечном итоге наиболее серьезным оправданием необходимости науки о поведении животных — хотя такая точка зрения и может казаться эгоистичной.



Влекомые древним инстинктом следовать друг за другом по ветвям деревьев, гусеницы совершают свой нескончаемый путь по краю чайной чашки.

ЧЕМУ МОГУТ НАУЧИТЬСЯ ЖИВОТНЫЕ?

Несомненно, специализированное поведение формируется у животных одновременно с изменением их физических особенностей, происходящим под влиянием внешней среды. Доказать это практически невозможно, ибо мы ничего не знаем о поведении ископаемых животных. Однако сегодня мы обнаруживаем у всех видов согласованность в их строении и в соответствующих формах поведения — согласованность, развившуюся на протяжении жизни множества поколений и позволяющую каждому виду устоять в борьбе за существование.



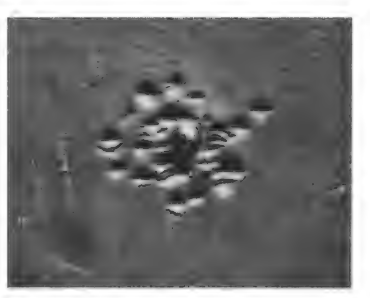
Жестяной лабиринт, сосуд с водой и черепаха дают ответ на вопрос: можно ли научить черепаху находить верный путь? Оказывается, можно. Точно так же, как в естественных условиях эти пресмыкающиеся находят дорогу в окрестностях своего жилища, расположенного по берегам водоемов, они и в лаборатории могут научиться избегать тупиков и спускаться по жестяной дорожке прямо в сосуд с водой. Но чтобы прийти к этому, черепахе потребовалось 38 предварительных попыток.

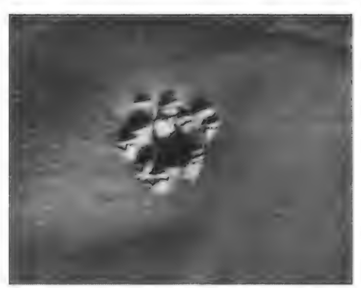
Несколько уроков, полученных в лаборатории

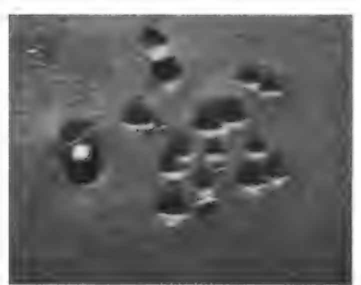
Ответы на многие вопросы о взаимосвязи инстинкта и обучения удобнее всего получить в стенах лаборатории. Задачей психолога Чикагского университета Экхарда X. Гесса было выяснить, является ли возрастание точности клевания у растущего цыпленка результатом созревания нервно-мышечного аппарата или же итогом истинного обучения по способу проб и ошибок. Вопреки ожиданиям исследователя искусство клевания обусловливается самим процессом роста и развития цыпленка. Гесс назвал это явление «естественным развертыванием врожденных процессов», подчеркнув тем самым его отличие от обучения на основе опыта.

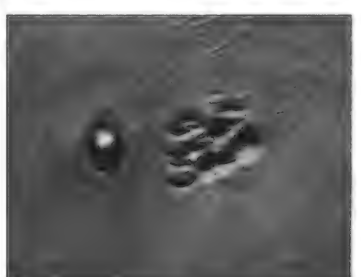
Интересно, что даже дитя человека отчасти совершенствует свое поведение подобным образом. В одном из опытов каждого из двух идентичных близнецов помещали в разные условия: один учился ползать только по ровной поверхности, другой мог при желании карабкаться по лестнице. Позже, когда первому ребенку была предоставлена возможность испробовать свои силы на лестнице, он полез по ней так же проворно, как и его брат.

Цыпленок в специальных очках позволяет понять принципы процесса обучения. Очки сдвигают изображение предмета в глазу цыпленка вправо. В то время как большинство высших животных могут в короткое время научиться корректировать такие искажения, цыпленок не в состоянии сделать этого.









Следы от ударов клюва цыпленка, пытавшегося схватить зерно, которое лежит на мягкой глине. Два верхних снимка, сделанные с промежутком в три дня, показывают, что точность клевания цыпленка повышается, если его зрение не искажено очками. Два нижних снимка, также отделенные друг от друга трехдневным перерывом, запечатлели изменение точности клевания у цыпленка с очками на глазах. И в том, и в другом случае точность «прицела» увеличивается с возрастом. Но даже по прошествии трех дней птенец в очках будет клевать правее намеченной цели.

Перед белой крысой стоит мудреная задача — достать кусок сыра с верхней полки, пользуясь лестницей слишком короткой, чтобы по ней сразу можно было добраться до цели. Забравшись на нижнюю полку, крыса подтягивает лестницу выше, поглядывая вниз и проверяя, движется ли она. Затем крыса влезает на верхнюю платформу и достает сыр.

Тесты на смышленость у крыс

Психологи некогда решили, что разум — это монополия человека и человекообразных обезьян. Когда поведение, казавшееся разумным, было обнаружено у низших животных, его попытались объяснить за счет комбинации инстинкта и эпизодического обучения по способу проб и ошибок. Психолог из Туланского университета Ло Сенг Цай заподозрил, что столь резкое разграничение способностей у животных едва ли возможно, и в 1929 году он начал свои опыты с лабораторными крысами. Полученные результаты красноречиво подтвердили предположения ученого.

Использовавшиеся в опытах белые крысы в результате длительного искусственного разведения и тренировки далеко ушли от своих диких сородичей. Можно думать, что крысы, живущие в канализационных трубах, едва ли смогли бы совершить подобные подвиги. Но крыса остается крысой, и если бы этот вид был лишен врожденной способности решать сложные задачи, продемонстрированные результаты никогда не были бы получены.



В этом случае крыса взбирается на полку, расположенную против той, где лежит кусочек сыра. Животное находит веревочку, привязанную к корзине, и тянет ее на себя. Раскачивающаяся корзина переносит крысу на полку с сыром, и зверек получает вознаграждение.





Чтобы достать кусок сыра, крыса должна перепрыгнуть с подвесной полки и попасть в одну из трех дверей, из которых две, одинаково раскрашенные, заперты и лишь третья, окрашенная иначе, свободно открывается.



Вновь совершая прыжок, крыса всегда правильно выбирает дверь, не похожую на две другие (средняя и нижняя фотографии), что свидетельствует о высоких интеллектуальных способностях этих грызунов.





Звезды московского цирка — чета бурых медведей — заканчивают выступление парной поездкой на мотоцикле.

Дрессировке поддаются способные

Добавьте к природной сообразительности животных терпеливые и настойчивые руки дрессировщика, и вы получите удивительные результаты. Давно стало аксиомой, что всякая дрессировка основана на использовании врожденных способностей животного. Медведи, как бы «умны» и «старательны» они ни были, не смогли бы обучиться езде на мотоцикле, если бы не обладали природной способностью удерживать лапами предметы (в данном случае руль). Это справедливо во всех тех случаях, когда речь идет о влиянии рассудка на поведение. И крысы, и медведи — смышленые создания, стремящиеся найти наиболее простой путь решения задачи. Поэтому они соответствующим образом реагируют на вознаграждение, а также и на наказание, каковым является, например, удар по носу, который получит крыса, если прыгнет в неверном направлении и наткнется на запертую дверцу. Что же касается крупных кошек, также выступающих в цирке, то для них вознаграждение не играет никакой роли. Эти хищники должны психологически подчиняться своему дрессировщику, как в естественных условиях они подчиняются другим доминирующим особям. Отсюда и необходимость в хлысте и пистолете.

Когда практика приводит к совершенству

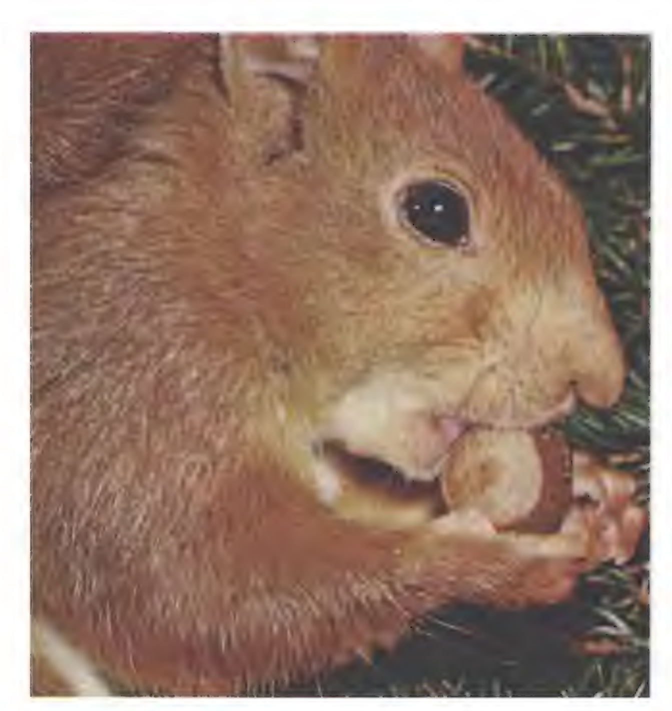
Проводя свой остроумный эксперимент для выявления роли индивидуального опыта в процессе обучения, Иренаус Эйбл-Эйбесфельдт из Института Макса Планка (ФРГ) выращивал белок в естественных условиях, но до самого возмужания лишал зверьков доступа к каким бы то ни было семенам и орехам. Ученый хотел узнать, может ли быть врожденным тот простой и изящный способ, которым опытная белка разгрызает орех лещины, и не является ли то, что представляется нам как результат обучения, попросту замаскированным процессом созревания нервно-мышечных механизмов. Исследователь быстро обнаружил, что, хотя белка инстинктивно узнает орех, манипулирует с ним и разгрызает его, только повторение проб и ошибок приводит к заученным эффективным приемам обращения с орехом.

Это заученное искусство разгрызания орехов противостоит полностью врожденному побуждению прятать их в укромных местах. По мнению Эйбл-Эйбесфельдта, эти различия вполне оправданы. Белка поедает столь разнообразные сорта орехов и фруктовых косточек, что у нее едва ли мог выработаться единственный способ манипулирования со всеми этими объектами. С другой стороны, если бы белка должна была учиться запасанию орехов, она едва ли смогла бы пережить даже свою первую зиму.





Взрослая белка, никогда ранее не видевшая ореха лещины, делает первую попытку разгрызть его. Упорство зверька в конце концов приводит к успеху, но по окончании работы остается изуродованная скорлупа с множеством следов неудачных попыток.





Вторая попытка более успешна. Белка разгрызла несколько орехов и научилась концентрировать свои усилия на определенном участке скорлупы. Работа более чистая, чем в первый раз, но пока еще отнимает у зверька много времени.





Последующая практика приводит к дальнейшему совершенствованию. Белка начинает грызть наиболее мягкое основание ореха, проделывает в нем соединяющиеся между собой бороздки и откусывает скорлупу по частям. Оптимальный способ уже недалек.



И вот — триумф! Вся мякоть вынута разом. Белка, обнаружив наконец естественную бороздку в скорлупе, углубляет ее зубами, словно стамеской, и раскалывает орех без всяких усилий. Этот эксперимент доказывает, что, хотя стремления вскрыть орех, держать его лапками и грызть являются инстинктивными, объединение всех этих форм поведения в высококоординированные манипуляции с неким определенным типом орехов есть искусство, приобретенное в результате индивидуального опыта.

Обжегшись на молоке, дуй на воду

Мимикрия чаще всего оценивается с позиции подражателя — насколько успешно он маскируется своим камуфляжем? Мы нередко склонны забывать, что эта маскировка, какой бы совершенной она ни была, не будет играть никакой роли, если способности хищника не позволяют ему быть обманутым и он не отдает себе отчета в том, что́ именно он глотает. У некоторых хищников из низших животных поиски пищи автоматичны с момента рождения, но нередки и такие случаи, когда вкусы хищника формируются на основе его индивидуального опыта. Эти 10 фотографий отражают часть эксперимента, проделанного во Флориде на Арчболдской биологической станции Линколном и Джейн Брауэр. Их исследования показали, какую роль играет процесс обучения в формировании вкусов южной жабы. Жаба питается насекомыми и инстинктивно хватает любой движущийся перед ней объект, который выглядит как насекомое. До начала эксперимента подопытная жаба никогда не видела шмеля, не была знакома с его жалом и не имела дела со съедобной мухой-ктырем, имитирующей окраску шмеля. Индивидуальный опыт убеждает жабу, что шмели несъедобны. В дальнейшем способность к обучению сослужит жабе верную службу, ибо укол шмелиного жала может иметь для нее весьма серьезные последствия; хотя жабе и приходится иногда из-за грозного вида мухи отказываться от вполне безобидного угощения.



3 *Затем жабе предлагается муха-ктырь, обладающая внешним сходством со шмелем, но не способная жалить.*



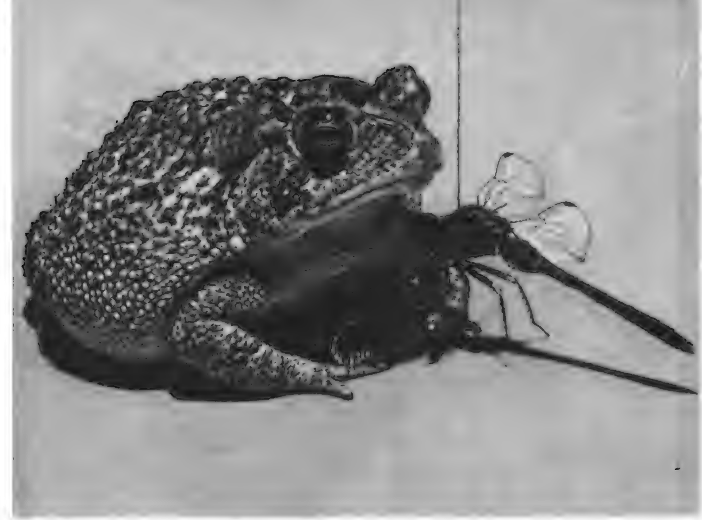
4 *Жаба, которая никогда не имела дела со шмелем, пожирает муху так же охотно, как стрекозу.*



7 *Когда жабе преподносят следующего шмеля, она не бросается на него, а пригибает голову к земле, хорошо помня полученный урок.*



8 *Теперь земноводному предлагают муху-ктыря. Жаба отказывается от мухи, принимая ее за шмеля; предостерегающая окраска мухи действует вполне эффективно.*



1 *В начале опыта перед глазами голодной жабы раскачивается на ниточке вполне съедобная стрекоза. Жабы ловят только движущихся насекомых.*



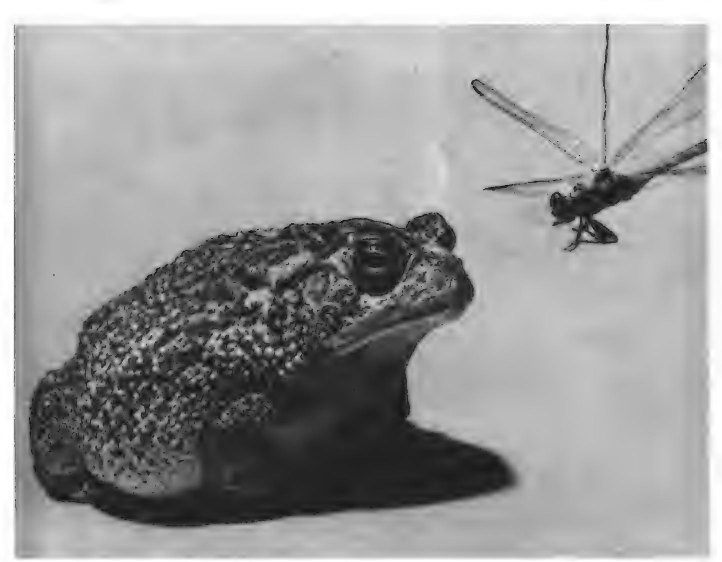
2 *Жаба жадно хватает приманку; изо рта торчат только брюшко и крылья жертвы.*



5 *Теперь перед жабой раскачивается шмель. Как и предыдущие приманки, он не способен улететь, но может жалить.*



6 *Так и случилось! Жаба кидается на приманку, но получает яростный укол в язык и выплевывает шмеля.*



9 *Чтобы доказать, что жаба отвергает эти приманки не потому, что она стала остерегаться всего или просто насытилась, животному предлагают стрекозу.*



10 *Жаба хватает стрекозу так же охотно, как и в начале опыта. Итак, она еще голодна, но научилась отличать съедобную пищу от несъедобной.*

Начинающие охотники

Как белка учится разгрызать орех, так и эти юные львы осваивают под руководством более опытных навыки в охоте на крупных животных, снабженных опасными рогами, подобно этому голубому гну. Львенок, когда он уже в состоянии следовать за своей матерью, начинает наблюдать, как она охотится. В возрасте десяти месяцев львята постигают искусство скрадывания добычи: подбираются к жертве с подветренной стороны и совершают фланговые обходы, столь характерные для этих животных. Но еще целый год или около того они не принимают участия в нападении и умерщвлении добычи, оставляя это трудное дело старшим членам семьи. И только в возрасте около двух лет молодой лев начинает охотиться сам. На этих фотографиях изображена молодая львица, которая схватила антилопу за морду — так ковбой удерживает молодого бычка. Львица умело подкралась к жертве и с расстояния около 9 метров прыгнула ей прямо на голову, блокируя одной лапой рога. Хищник повис на своей жертве, но еще не обладает достаточным искусством и необходимым весом, чтобы повергнуть добычу на землю. Пройдет еще некоторое время, и действия хищника, несомненно, станут гораздо более эффективными.



Пока самка удерживает антилопу на месте, второй лев присоединяется к нападению и пытается помочь сестре повалить жертву. Гну находится в состоянии шока и поэтому не может сопротивляться. Помощь со стороны самца приносит мало пользы. Со-





Прайд двухлетних львов совершает первое нападение на крупную добычу. Одна самка успешно решила задачу, с неумолимой силой схватив когтями голову антилопы гну. Ее брат в это время бесцельно кусает и толкает добычу сзади.

гласно львиным «традициям», самец с удовольствием пожирает добычу, предоставляя самкам всю трудную работу, связанную с умерщвлением жертвы.







Жизнь сообществом позволяет императорским пингвинам оставить всю молодежь на попечении нескольких взрослых птиц (у них черные спинки) и надолго отправиться на ловлю рыбы в открытый океан, за 80 километров от берега.

7

Жизнь в сообществе

Значительная доля самых волнующих свершений человека обусловлена его социальной природой — стремлением и способностью созидать и делиться своим опытом. В то же время, как это ни парадоксально на первый взгляд, людские отношения включают и враждебность, и нетерпимость, и взаимный антагонизм. По мере того как растет население Земли и окружающая среда все более контролируется человеком, эти качества приобретают зловещее значение и над обществом нависает угроза самоуничтожения. Даже если общественное поведение животных не интересует нас само по себе, то страстное стремление человечества к счастью, его вполне естественные надежды на выживание и мирный ход дальнейшей истории должны заставить людей внимательно присмотреться к способам, при помощи которых наши братья меньшие решают насущную проблему совместного существования с себе подобными.

Если рассматривать понятие «общественное» в самом широком смысле, включая все возможные формы взаимодействия между особями в пределах вида, то окажется, что лишь очень немногие виды животных не являются общественными в том или ином отношении. Не вызывает сомнений тот факт, что взаимоотношения в стадах крупных африканских копытных, в косяках рыб, в перелетных стаях куликов или в сообществе термитов имеют «социальную» основу. Однако мы не сразу решимся назвать «социальными» сложные отношения между самцом и самкой в брачной паре или между родителями и их потомством. А весенние драки соперничающих самцов скорее хотелось бы назвать «антисоциальными». И тем не менее, как мы увидим ниже, все эти формы взаимоотношений между индивидуумами имеют очень много общего. Все они направлены на преуспевание вида, все базируется на тех или иных связях между особями. Даже способы поддержания подобных



ПРОГУЛКИ С РЫБЬИМ ДЕТСКИМ САДОМ

Некоторые цихлидовые рыбы, в частности хромис красавец, заботятся о мальках после их выхода из икры, охраняя детенышей и удерживая их возле себя плотными стайками. При этом отец или мать заставляют молодежь следовать за собой, плавая особыми зигзагообразными движениями. Когда родители сменяют друг друга на дежурстве, они должны придерживаться определенной линии поведения, чтобы мальки не расселись и не последовали за тем из опекунов, который уплывает прочь. Схематические линии на рисунке показывают, как взрослые рыбы добиваются этого. Один из родителей быстро вплывает в стайку, следуя по прямой траектории, и сразу же начинает проделывать зигзагообразные движения. В то же мгновение сменяемая взрослая рыба уплывает прямолинейным курсом, и стайка мальков сохраняет свою компактность.

связей, которыми пользуются различные животные, в сущности, одни и те же, хотя на первый взгляд и кажутся чрезвычайно разнообразными.

В простейшем виде групповые отношения проявляются при объединении животных в группы — стада, косяки или стаи, — то есть при всяком совместном существовании. Однако мы не вправе рассматривать любое скопище животных как сообщество. Насекомые, кружащиеся летней ночью вокруг электрической лампочки, связаны друг с другом не более чем снежинки, падающие на землю, — каждое существо прилетело на свет совершенно независимо от остальных. Групповым может быть названо лишь такое объединение животных, где особи ищут себе подобных и остаются вместе. Пчелы из одного роя, скворцы в стае, антилопы в стаде остаются друг подле друга, куда бы они ни направлялись.

Однако животные в сообществе не только держатся вместе, они и действуют совместно. В результате взаимного влияния действия отдельных особей в группе согласованы во времени и пространстве. Жизнь утиной семьи подчинена единому ритму. Часть дня утята заняты поисками пищи, и в это время они неизменно остаются друг подле друга, куда бы ни направилась стайка. Потом они вместе купаются и плывут к берегу, где в течение получаса, стоя бок о бок, приводят в порядок свое оперение. После этого утята мирно засыпают.

Но и это еще не все. В ряде случаев между членами группы существует четкое разделение труда. Наиболее ярко этот принцип выражен у общественных насекомых. В пчелином улье есть королева, тысячи рабочих, а в некоторые периоды года — самцы, или трутни. Каждая каста выполняет в улье определенную работу. Да и сами рабочие делят между собой различные заботы: в зависимости от возраста одни кормят личинок или заготовляют пропитание, другие стоят на страже и прогоняют незваных пришельцев, а третьи заняты проветриванием улья.

Разделение труда характерно и для таких животных, которые обычно не объединены в стада или стаи. Пример тому — различные задачи, стоящие перед самцом и самкой. У хромиса красавца самец и самка охраняют и «прогуливают» своих мальков поочередно. У высших животных самец и самка не только играют разную роль в процессе размножения, но и вносят неодинаковый вклад в воспитание потомства. Стая гусей не имеет определенного вожака, но все ее члены, и в особенности старые гусаки, постоянно сменяют друг друга в роли часового. В стаде павианов подвижные молодые самцы чаще других удаляются от всей компании, поэтому они, как правило, первыми замечают приближающегося врага и своим поведением оповещают собратьев об угрозе. У шимпанзе вожак группы — старый, наиболее опытный самец, который все время держится настороже.

Короче говоря, групповое поведение — совместная деятельность, формирующая жизнь сообщества, — базируется на различных формах взаимосвязей между отдельными индивидуумами, причем каждый из них вносит свой вклад, взаимодействуя тем или иным путем со всеми остальными. Чтобы понять суть этого явления, мы должны поставить перед собой те же самые вопросы, которыми задавались при изучении поведения отдельной особи. А именно: каково значение группового поведения для максимального выживания вида, как оно организовано, как развиваются групповые системы и каким образом они приобрели в ходе эволюции свою современную форму.

Взаимоотношения между особями могут быть выгодны по целому ряду причин; некоторые из них вполне очевидны. Так, совершенно ясно, что раздельнополые животные не могли бы существовать, не имея особых способов общения между самцами и самками, необходимых для правильного хода процесса размножения. Столь же ес-

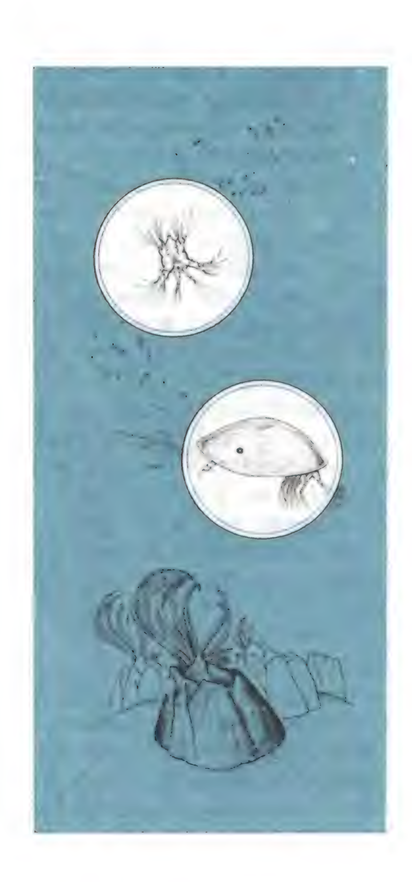
тественно, что у видов, где молодые нуждаются в родительской заботе, не может не быть достаточно тесных взаимоотношений, по крайней мере между родителями и их потомством. Жизнь сообществом имеет и ряд других преимуществ. Есть гусеницы, которые держатся плотной кучкой: согревая друг друга, они тем самым ускоряют свое развитие. Чайки из одной колонии в полном составе нападают на врага. Такая совместная защита колонии, быстро возникающая в результате того, что птицы взаимно стимулируют друг друга своими тревожными криками, несравненно более эффективна, нежели индивидуальные атаки. Успех обеспечивается не только тем, что гнезда чаек расположены близко друг от друга, но также и за счет того, что птицы размножаются одновременно. Те пары чаек, которые гнездятся раньше или позже основной массы птиц в колонии, теряют от нападения хищников гораздо больше яиц и птенцов. Даже мелкий рачок дафния, объединяясь в стайки, получает определенную пользу: как это ни парадоксально, но некоторые рыбы, кормящиеся дафнией, заглатывают гораздо меньше рачков из густого их скопища, нежели из рыхлой группы. Видимо, хищник «теряется» при виде столь огромного количества рачков. Преимущества жизни в сообществах особенно очевидны у тех видов, которые совместно разыскивают пропитание. Птицы, которые во время кормежки держатся стаями, добывают больше пищи, чем могли бы добыть в одиночку. Это происходит благодаря тому, что каждый член стаи стимулирует аппетит остальных. Кроме того, если одной из птиц удается разыскать обильный источник корма, она привлекает на это место других.

Коль скоро совместная жизнь дарует так много выгод, может возникнуть вопрос: почему же все-таки существуют и одиночно живущие виды? Дело в том, что и отшельничество может быть равным образом полезно, но эта польза извлекается иным способом. Природой предусмотрено множество путей для достижения успешного существования, и одиночный образ жизни — один из них. Например, большинство покровительственно окрашенных животных живут рассредоточенно. Это связано с тем, что многие хищники способны находить даже весьма искусно замаскировавшуюся добычу. Однако они поступают так лишь в том случае, когда «дичи» очень много и ее можно наловить в изобилии за короткое время, иными словами, когда затраты энергии на ее поиски окупаются с лихвой. Поэтому мелкие и уязвимые животные находят большую выгоду в жизни врозь, в то время как крупные, сильные животные, сообща отражая нападение врага, с наибольшей выгодой используют групповой образ жизни. С другой стороны, крупные хищники, как правило, ведут уединенное существование по иной, не менее важной причине: каждый из них нуждается в большом количестве пищи.

Существует множество разнообразных способов, обеспечивающих уединенное, вернее, рассредоточенное существование. Наиболее обычный — враждебное отношение к себе подобным. Именно поэтому многие животные постоянно вступают в драки с особями своего вида. Даже в стадах и стаях животные держатся на определенном расстоянии друг от друга, ибо существует некий предел их сближения. Скворцы, вороны и чайки часто конфликтуют из-за корма. Многие высшие животные удерживают за собой определенную территорию, по крайней мере на сезон размножения. У таких видов страж территории обычно самец, который прогоняет других самцов того же вида с занятого им участка. Следовательно, даже животные-«отшельники» время от времени взаимодействуют с себе подобными. С этой точки зрения можно было бы говорить об общественном поведении и у них.

Вполне очевидно, что агрессор извлекает выгоду, только выиграв схватку. Но когда противник сильнее, благоразумнее отступить. У самцов «территориальных» видов больше шансов вырастить потомство, если они направят свои усилия на разыскивание еще не занятых участков, вместо того чтобы тратить время и энергию на бесполезные драки с более сильным соперником. Успех сопутствует лишь тем животным, которые знают, когда следует наступать, а когда спасаться бегством. Отсюда тонко сбалансированная система, уравновешивающая тенденции к нападению и к бегству, оказывается более выгодной для успешного выживания вида, чем ничем не сдерживаемая агрессивность.

Многие преимущества таких взаимоотношений между животными являются причиной возникновения в ходе эволюции разнообразных форм общественного поведения. Чтобы разобраться в этом, необходимо прежде всего попытаться понять, каким образом осуществляется взаимодействие между особями. Начинать нужно, по-видимому, с изучения того влияния, которое оказывает один индивидуум на другого. Несомненно, для исследования взаимоотношений между животными необходимо ознакомиться с поведением одиночной особи, поэтому уместно вспомнить многое из того, что сказано в предыдущих главах. Но групповые взаимоотношения привносят и нечто качественно новое. Каждая система связи, или общения, состоит из элемента, передающего сигналы, и элемента, принимающего эти сигналы и соответствующим образом отвечающего на них. Мы должны понять не только сущность поведения сигнализирующего животного и животного, реагирующего на полученный сигнал. Наша зада-



ОТШЕЛЬНИКИ В ДЕТСТВЕ,
ЛЮБИТЕЛИ ОБЩЕСТВА
В ЗРЕЛОМ ВОЗРАСТЕ

Строение тела морского желудя изменяется на протяжении его жизни, а это влечет за собой необходимость смены форм поведения. Молодые личинки (верхний рисунок) — это свободноплавающие, прозрачные, беззащитные маленькие существа, и первое их дело после выхода из яйца — рассеяться в толще воды как можно дальше друг от друга. Личинки легко перемещаются в поверхностных слоях воды, влекомые морскими течениями. Достигнув более зрелого возраста (средний рисунок), они падают на дно и обрастают твердой раковиной, которая будет оберегать их на протяжении всей дальнейшей жизни. На этой стадии отшельническая жизнь сменяется поиском колонии себе подобных (нижний рисунок). Новое поведение полезно в том отношении, что, разыскивая колонию морских желудей, одиночка тем самым ищет благоприятный для существования участок морского дна. Взрослые морские желуди выделяют особые химические вещества, которые улавливаются одиночными животными и позволяют им найти дорогу к колонии.

ча состоит и в том, чтобы выяснить, каким образом осуществляется согласованность в их поведении, приводящая к некоему полезному результату. Когда животные общаются между собой, используя ту или иную форму поведения, они, если так можно выразиться, «разговаривают». У многих видов подобный язык хорошо изучен. Он очень прост по сравнению с нашим, человеческим языком. Однако, в то время как последний построен главным образом на многообразии звуков, способы общения животных гораздо богаче и разнообразнее, поскольку для обмена информацией используются и многие другие каналы: оказывается, в целях передачи и приема сигналов могут быть использованы любые органы чувств.

Мы еще плохо знаем, как химическая сигнализация помогает животным общаться между собой. Простейший пример дают своеобразные усоногие рачки, так называемые морские желуди. Эти мелкие животные совсем не похожи на обычного речного рака, но тем не менее они его близкие родственники. Подобно многим другим морским животным, эти рачки начинают свою жизнь в виде свободно плавающей личинки, безвольно влекомой морскими течениями. Становясь старше, они переходят к неподвижному, или «сидячему», образу жизни: опускаются на дно, обрастают раковиной и прикрепляются к скале или к днищам морских судов. Морские желуди предпочитают оседать среди уже существующей колонии себе подобных, почему мы обычно и находим густые скопления этих рачков. А обнаруживает личинка такое скопление, руководствуясь особым запахом, который выделяется взрослыми особями.

Запахи очень часто служат средством привлечения особей противоположного пола. Такие пахучие вещества (половые аттрактанты) были детально изучены у некоторых ночных бабочек, например у тутового и непарного шелкопрядов. Самки этих насекомых обладают специальными железами, выделяющими особое химическое вещество, к которому чрезвычайно восприимчивы самцы. Анализ некоторых из этих соединений показал, что они состоят из молекул, по весу равных 15—25 атомам углерода. Эти пахучие вещества называют феромонами. В дополнение к своей основной функции — помочь встрече самца и самки — они играют определенную роль и на других этапах брачного поведения. А вот муравьи-фуражиры прокладывают при помощи феромонов пахучий след, которого придерживаются их товарищи по муравейнику.

Чувство осязания, действующее при непосредственном контакте, также используется многими представителями животного царства для приема сигналов от других особей. Привлеченная в гнездо половозрелая самка колюшки не может присту-

пить к икрометанию, до тех пор пока самец не стимулирует ее легкими ритмичными толчками в основание хвоста. Если предотвратить эти действия самца, самка не вымечет даже совсем готовую икру. И половозрелая улитка может проделать брачные движения во всей их сложной последовательности, если просто прикоснуться тонкой кисточкой к тому месту, которого в обычных условиях касается брачный партнер.

Боковая линия рыб — орган, чувствительный к движению воды, — часто играет существенную роль при столкновении самцов, соперничающих из-за самки или гнездовой территории. Когда силы более или менее равны, самцы останавливаются параллельно друг другу и энергичными движениями хвоста направляют поток воды в сторону соперника, воздействуя тем самым на его боковую линию. Фактически рыба наносит удар, не дотрагиваясь до противника.

Поскольку наши собственные средства общения основаны главным образом на звуковых и зрительных сигналах, не удивительно, что именно эти способы связи в животном мире и являются предметом наиболее интенсивных исследований. Многие саранчовые, земноводные, некоторые пресмыкающиеся и большинство птиц пользуются в своей жизни многообразной звуковой сигнализацией. Птицы поддерживают сплоченность стаи тем, что систематически, с небольшими интервалами издают короткий несложный крик.

Сельма Лагерлёф, автор прелестной повести о жизни Нильса Хольгерсона, заставляет перелетных гусей постоянно произносить одну и ту же фразу: «Я — здесь, а где вы?» Цель брачных криков или песен многих животных — привлечь потенциального полового партнера, и это легко можно показать, проигрывая весной магнитофонную запись крика лягушки поблизости от того пруда, где мечут икру эти земноводные. У птиц песня обычно играет двоякую роль: она привлекает самку и отпугивает от уже занятой территории других самцов. Поскольку песни разных видов, как правило, весьма несхожи, самка прилетает только на песню самца своего вида, и тем самым устраняется опасность неверного выбора.

Из всех сигналов, которыми пользуются животные, наиболее основательно изучены визуальные. Среди них, помимо различных поз и телодвижений, есть и такие, которые по способу употребления напоминают наши флаги, светофоры и маяки. Так, у многих птиц самец окрашен гораздо ярче, чем самка. И если самке покровительственная окраска необходима, чтобы обезопасить ее и потомство от множества врагов, то самцы могут позволить себе иметь яркий наряд, который они самым неожиданным образом демонстрируют во время брачных игр. Различные позы, которые самец принимает ухаживая за самкой и в столкновениях с другими самцами, всегда прекрасно отвечают задаче выставить напоказ ярко окрашенные участки оперения. Иногда позирующий самец выглядит как своеобразный яркий флаг. У некоторых беззащитных видов, нуждающихся в общей покровительственной окраске, яркие пятна обычно скрыты и становятся видимыми лишь в тот момент, когда это необходимо. В этих случаях эффективность цветовой сигнализации особенно явно связана со специфическим демонстративным поведением. Например, зарянка окрашена весьма скромно; но когда самец настроен враждебно, он распушает кирпично-красное оперение груди, адресуя этот угрожающий сигнал своему противнику. Самцы многих видов ящериц, если смотреть на них сверху, прекрасно сливаются с общим фоном местности. В брачный период при встрече с самкой или с соперником самец становится к ним боком и одновременно сплющивает тело в вертикальной плоскости, чтобы максимально выставить напоказ ярко-голубой или красный цвет брюшка. Подобные способы демонстрирования красочных пятен развиты у всех животных с хорошим зрением. Поэтому мы встречаем их не только у птиц, пресмыкающихся, земноводных и рыб, но также у тарантулов, пауков-скакунов, бабочек, стрекоз и каракатиц. Все ошеломляющее разнообразие



ТОЛЧКИ, ЗАСТАВЛЯЮЩИЕ КОЛЮШКУ ВЫМЕТЫВАТЬ ИКРУ

Прежде чем отложить икру в гнездо, сделанное для этой цели самцом, самка колюшки нуждается в серии толчков, которые самец проделывает, тычась своим рыльцем в основание хвоста подруги. Оказывается, само присутствие самца в этот момент совершенно не обязательно, важно лишь то ощущение, которое испытывает самка, получая извне серию толчков. Поэтому тот же эффект дает многократное прикосновение к хвосту самки кончиком стеклянной палочки, которой манипулирует экспериментатор.

цветовых рисунков, которые эти животные выставляют напоказ, зоологи заметили давно, но лишь теперь, в результате тщательно проведенных экспериментов, мы начинаем понимать, каково их значение. Конечно, не всякая яркая окраска используется в качестве социального сигнала. Как мы уже видели, функция многих цветовых рисунков — испугать хищника. Значение некоторых других сигналов для нас пока еще непонятно, и здесь широкое поле для дальнейших исследований.

Какова же природа всех этих сигналов? Какие сообщения передаются с их помощью? На эти вопросы можно ответить, только изучив реакцию животных на ту или иную сигнализацию. То немногое, что нам известно в настоящий момент, заставляет полагать, что передаваемая информация, как правило, чрезвычайно проста. Во многих случаях сигнал значит не больше, чем любой другой внешний стимул. Ответная реакция наступает мгновенно. Так, тревожный крик чайки заставляет соседей по колонии оглядеться по сторонам. Зачастую сигнал указывает животному необходимое направление дальнейших действий. Брачная песня самца побуждает самку двигаться в его сторону. Угрожающая поза одного соперника обращает в бегство другого. Красное пятнышко на конце клюва чайки привлекает внимание птенца. Он клюет эту яркую отметину и вслед за этим получает от родителей порцию корма. Танец рабочей пчелы не только возбуждает других работниц, но и дает им сведения о том, в каком направлении и на каком расстоянии находится источник пищи. Правда, это уникальный случай в животном мире. Дятел-самец, например, не в состоянии «рассказать» самке, где находится выдолбленное им дупло. Лишь когда он сам влезает в отверстие, самка следует за ним. Единственные птицы, которые в этом отношении несколько приближаются к пчеле, — это самки различных видов уток. Если голова самки обращена в сторону непрошеного пришельца, это знак супругу напасть на незнакомца. Зачастую недостаточно однократной стимуляции. Эффект накапливается постепенно, после целого ряда побудительных действий, и ответная реакция приходит с некоторой задержкой. Самка чайки, чтобы заставить самца спариться с ней, вновь и вновь особым образом дергает головой. Самец колюшки многократно тычется рыльцем в основание хвоста самки, и лишь после целой серии легких толчков самка начинает метать икру.

Есть и такие сигналы, которые не вызывают, а затормаживают действие. Например, первое побуждение, возникающее у самцов многих «территориальных» видов при появлении самки, такое же, как и при появлении чужого самца. И в том и в другом случае самец нападает на пришельца. У таких видов самка способна принимать особую позу, которая умиротворяет самца и показывает ему, что перед ним существо «слабого пола». У олуши и многих других птиц самка в такие моменты отворачивает голову от самца. У многих рыб признаком угрозы служат растопыренные плавники, тогда как в умиротворяющей позе они плотно прижаты к телу. И наоборот, самец, чтобы не испугать самку, видоизменяет свою первоначальную угрожающую позу, включая в нее новые телодвижения, которые оказывают на самку успокаивающее действие. Самец обыкновенной чайки поворачивает голову таким образом, что к самке обращено не бурое «лицо» и острие клюва, а белый затылок.

Способы общения могут быть и гораздо более утонченными. Даже если взять сравнительно простой случай территориальных столкновений между самцами — явление обычное для многих видов птиц, — то и здесь используемые сигналы могут широко варьировать от самых слабых до очень сильных в зависимости от того, насколько далеко агрессор вторгся в пределы чужой территории. Шимпанзе, объединенные в группу, внимательно наблюдают за всеми действиями своего «мудрого старейшины» и, несомненно, получают от него богатую информацию. Когда наседка клюет корм, она не просто стимулирует аппетит у своих цыплят. Очень скоро птенцы начинают сами искать именно ту пищу, которую клевала мать.

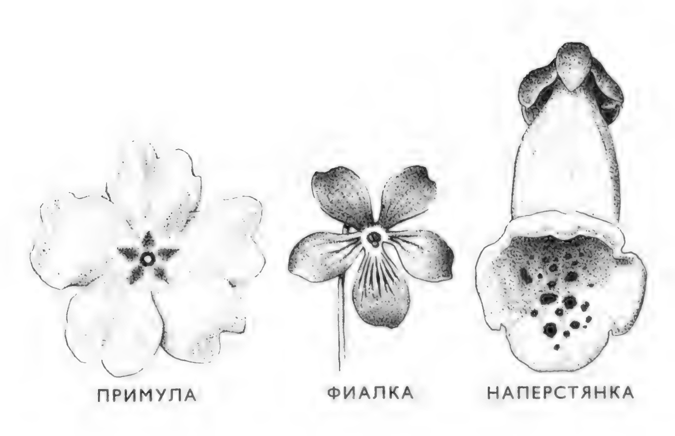
Более того, мы обнаруживаем такие сигнальные системы, которые объединяют между собой совершенно разные виды, позволяя им вступать во взаимовыгодные, симбиотические отношения. Так, окраска и запах цветков играют роль путеводителя для их опылителей. В иных случаях сигнализация со стороны особей одного вида имеет целью ввести в заблуждение представителей другого: глазчатые пятна на крыльях ночных бабочек — это сигнал угрозы для хищников, который заставляет последних отказаться от вполне съедобной пищи.

По вопросу о том, что побуждает животных подавать те или иные сигналы, написано очень много. Легко предположить, что самцы певчих птиц привлекают самок своим пением, руководствуясь вполне сознательной целью. Однако такие понятия, как «преднамеренный» и «сознательный», будучи чисто субъективными, уводят нас в сторону от более многозначащего вопроса: что *заставляет* животное сигнализировать? В некоторых случаях сигнал сам является ответом на внешний стимул: дятел со своей территории будет отвечать на барабанную дробь соседа точно такой же барабанной дробью. Но и внутреннее состоя-

ние индивидуума играет не менее важную роль. Можно заставить молодого петушка кукарекать и ухаживать за курами еще до того, как он достиг половозрелого возраста. Для этого нужно лишь ввести ему в кровь половой гормон самца.

Мы только недавно подошли к пониманию другой стороны явления — каким образом животное производит выбор подходящего (если можно так выразиться) к случаю сигнала, прежде чем передать его. Тщательное исследование брачного и угрожающего поведения помогает разрешить и этот вопрос. Например, в момент появления нарушителя границы животное принимает угрожающую позу. Как мы уже видели из предыдущих глав, эта поза — продукт конфликта различных мотивов, борьбы противоречивых стремлений: с одной стороны, напасть на соперника, с другой — спастись от него бегством. Не имея возможности совершить оба действия одновременно, животное принимает те или иные позы. Это осуществляется множеством различных способов, и некоторые из них просто удивительны. Иногда оба стремления выражаются в одном жесте или в единой позе. Рассерженный человек стоит со сжатыми кулаками, не решаясь броситься вперед и пустить их в ход. Аналогично ведут себя цихлидовые рыбки: когда два врага стоят лицом к лицу, их хвостовые плавники бешено работают, толкая рыбок вперед, тогда как движения брюшных плавников удерживают соперников на первоначальном расстоянии друг от друга. Однако бывают случаи, когда раздраженное животное нападает, но не на крупного и страшного врага, который вызвал его гнев, а на одного из слабых «зрителей», а то и просто на сучок или древесный лист. Вспомните, как люди в тщетном гневе стучат кулаком по столу. Находясь в состоянии очень сильного возбуждения, животное иногда проделывает даже такие движения, которые вообще не связаны непосредственно с угрожающим поведением и, казалось бы, неуместны во время драки. Так, самцы скворцов в промежутках между ожесточенными схватками у входа в гнездо в этой напряженной ситуации усердно перебирают клювом свое оперение. Почти не вызывает сомнений тот факт, что многие, если не большинство, сигнальные телодвижения связаны в своем происхождении с подобными конфликтами побуждений. Позже мы еще вернемся к вопросу, как и когда в ходе эволюции эти движения приобрели значение сигналов.

С сигналами угрозы тесно связаны умиротворяющие и успокаивающие позы. Они также являются результатом конфликта между разными побуждениями, среди которых скорее всего нет места агрессивности, но зато фигурирует чувство страха. Испуганная, но все же не склонная оставить гнездо или покинуть партнера моевка поворачивает в сторону «лицо». Эта поза словно заменяет бегство — птица остается на прежнем месте. «Я улетела» — означает символический жест, адресованный сопернику, и в результате агрессивность последнего уменьшается.



ПРИМАНКА ДЛЯ ОПЫЛИТЕЛЕЙ

Известно, что яркая окраска и аромат цветков привлекают насекомых. Но у некоторых растений на венчике цветка есть еще особые отметины, усиливающие оптический эффект — так называемые «путеводители для пчел». В центре цветка примулы — звездообразное желтое пятно, привлекающее пчел к тому месту, где содержится нектар и пыльца. Многочисленные темные линии сходятся в центре цветка фиалки, словно указывая насекомым правильный путь. У наперстянки эти отметины выглядят по-другому: крупные пятна у края губы становятся мельче и гуще по направлению к входу в колоколообразный венчик.

Брачные церемонии зачастую имеют еще более сложную основу, хотя некоторые из них, по общему признанию, весьма просты. Самец жабы или лягушки квакает и тем самым привлекает самку. Когда та приближается, самец хватает ее и притягивает к себе. Нередко он досаждает таким образом и другим самцам, но оставляет их в покое, как только слышит особый предупреждающий сигнал: короткий «хрюкающий» звук, мгновенно расхолаживающий незадачливого ухажера. Гораздо более сложные церемонии мы наблюдаем у тех видов, где один партнер должен «убедить» другого *не делать* чего-то, что помешало бы их нормальным брачным отношениям. Самцы некоторых пауков вынуждены совершать сложный церемониал перед выбранной самкой, чтобы она не приняла их за желанную добычу и не сожрала. Особенно часто возникают недоразумения у «территориальных» животных, для которых взаимная агрессивность, стремление нападать на соперника и спасаться бегством от него жизненно необходимы для рассредоточения. Встреча самца и самки у таких видов приводит иногда не к обмену брачными приветствиями, а к нападению или бегству друг от друга — та же картина, что и при столкновении двух самцов, соперничающих из-за территории. Иногда все три мотива — агрессивность,

страх и половое стремление — смешиваются воедино и формируют сигнал, чрезвычайно сходный с позами угрозы, где оттенок агрессивности смягчается демонстрацией успокаивающих и умиротворяющих поз. Многократное повторение этих сигнальных поз наблюдается у тех видов, для которых характерен длительный период «обручения», предшествующий спариванию. За это время они лучше «узнают» друг друга. В результате такого сближения сложные брачные игры постепенно сходят на нет, хотя и вспыхивают иногда в форме «церемоний приветствия», каждый раз когда супруги оказываются рядом после разлуки.

Таким образом, первая же попытка заглянуть в этот увлекательнейший мир приводит нас к интересному открытию: то, что выглядит как сложный «язык», на самом деле оказывается системой довольно простых сигналов. Подобно человеческому плачу или улыбке, они возникают как следствие определенного внутреннего состояния или настроения и служат всего лишь их внешним выражением.

Наши знания о взаимоотношениях животных остались бы неполными, если бы мы не изучили путей возникновения и развития их сообществ. Существуют три основных способа создания сообществ. Первый — когда несколько животных попросту сходятся вместе: самец и самка, первоначально жившие в одиночестве, объединяются в пару. Как мы видели, этот процесс зачастую труден и противоречив. Самец, затративший много усилий для привлечения самки, может в первый момент напасть на нее, тогда как она в ответ на это нередко спасается бегством. Противоречивое состояние каждого партнера находит свое выражение в успокаивающих и умиротворяющих сигнальных телодвижениях, благодаря чему и преодолеваются трудности. Второй тип образования сообществ основан на процессах дифференциации: так, эмбрион, первоначально существующий лишь как часть организма матери, постепенно приобретает свою индивидуальность. Еще ярче это проявляется в случае образования «государств» у шмелей или общественных ос, где все население представляет собой потомство одной-единственной самки — «королевы». Третий тип мы встречаем при изучении крупных сообществ медоносных пчел и термитов, которые время от времени подвергаются так называемой «социотомии» — процессу, в ходе которого одно сообщество разделяется на два новых, примерно равных по величине.

Мы дали очень краткий обзор различных типов объединения у животных. Нам следует быть столь же краткими и при рассмотрении вопроса, как у животных появляется способность к групповому поведению, иными словами, носит ли оно врожденный или приобретенный характер. В целом способность к подаче сигналов является врожденной (хотя, как мы уже видели, песня зяблика и некоторых других птиц частично формируется под влиянием обучения). Способность правильно реагировать на сигнал часто также существует от рождения, но у многих животных она совершенствуется в результате обучения.

Может ли человек извлечь из всего этого полезные для себя уроки? Несомненно, огромную важность представляет вопрос, в какой степени социальное окружение формирует социальное поведение. Пожалуй, это коренная социологическая проблема, стоящая перед лицом нашего собственного вида. Чему мы можем научиться, исследуя поведение животных? Безусловно, окончательные выводы относительно нас самих будут сделаны лишь на основе познания человеческого поведения, которое нельзя отождествлять с поведением животных. Но мы можем по крайней мере применить в исследовании человечества те способы, которые показали свою плодотворность при изучении поведения животных. Это позволяет нам сделать кое-какие обнадеживающие предположения.

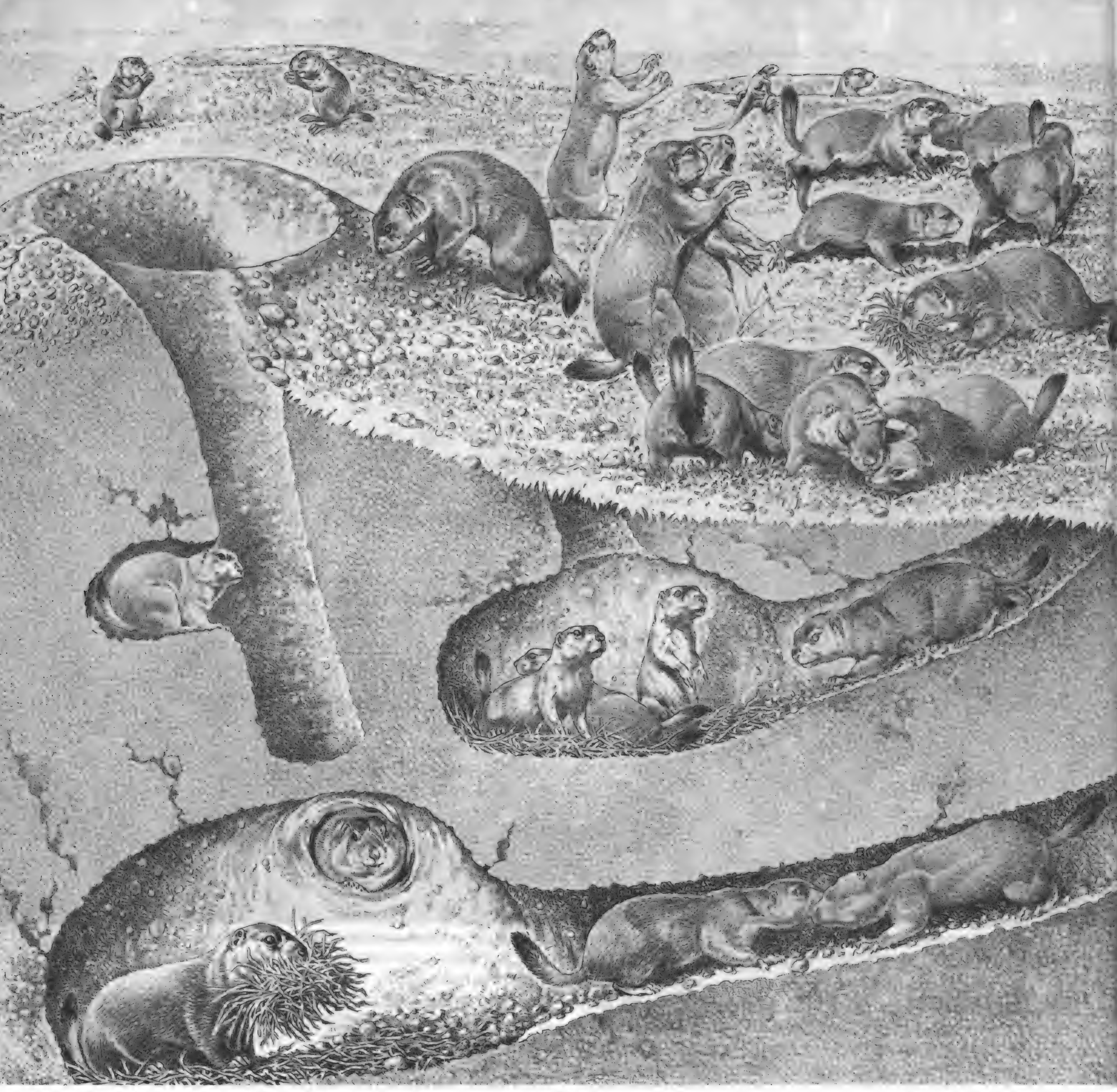
В ближайшем будущем человеку, по-видимому, не удастся покончить со своими агрессивными тенденциями, и это заставляет нас учиться обуздывать их по возможности наиболее эффективными способами. И вот здесь наука о поведении животных даст нам многое. Можно изучать вопрос, как поставить воспитание, чтобы оно по крайней мере препятствовало возрастанию агрессивности, насколько это вообще осуществимо сегодня в условиях состязания различных социальных систем. Можно прививать людям способность представлять себе страдания жертв агрессии и пробуждать сочувствие к ним. Это настоятельно необходимо, поскольку оружие дальнего действия позволяет человеку убивать на расстоянии, откуда нельзя увидеть и услышать проявления горя наших братьев, которое должно было бы сдержать руку агрессоров. Нужно попытаться найти наилучшие пути для облагораживания нашей агрессивности и перевода ее в другое русло: направить свои силы на покорение природы и космоса, на создание гигантских ирригационных сооружений и на другие подобные великие свершения. В этом и в других отношениях дело изучения поведения животных может сослужить нам хорошую службу, а возможно, и спасти нас. С этой точки зрения наука о поведении животных предстает перед нами как наиболее важная из всех существующих.



В ночной темноте самец жабы призывает самку. Квакая, самец раздувает горло, которое образует нечто вроде светлого «маяка», помогающего самке отыскать «певца».

ОБЩЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

Чтобы согласовывать свои действия, животным необходима способность к общению. Способы общения поразительно разнообразны и связаны с использованием всевозможных органов чувств — всех вместе и каждого в отдельности. По сравнению с человеческой речью язык животных очень прост. Но каков бы ни был способ обмена сигналами, животные ухитряются прекрасно понимать друг друга — будь то самец и самка у жаб или члены поселения луговых собачек.



Сложные групповые отношения, которые существуют в поселении луговых собачек, основываются на процессах взаимодействия между членами общины при помощи обонятельных, зрительных, звуковых и осязательных сигналов. Элементарная ячейка сообщества — котерия — состоит обычно из одного-двух взрослых самцов, двух или более взрослых самок, нескольких детенышей и небольшого числа неполовозрелых животных. Такая ячейка охраняет свою территорию от вторжения соседей, и тем самым поддерживается равновесие между существующими запасами пищи и численностью животных в поселении. Чтобы сохранить территориальную неприкосновенность, луговые собачки должны обладать способностью узнавать себе подобных в «лицо». При этом они, естественно, руководствуются зрением, но опознавание становится более эффективным, когда зверьки обмениваются своеобразными «поцелуями» (8, 10, 12, 14). Самец выходит на открытое место, становится на задние лапы и издает лай (5), указывая тем самым на суверенитет своего участка. Члены соседних котерий, хотя и затевают ссоры на границах своих территорий, кооперируются при появлении опасности, извещая о ней друг друга особым звуковым сигналом. Луговые собачки кормятся (1) только днем, поедая главным образом стебли трав, корни и мелкие семена. Новорожденные остаются в гнезде (11). Архитектура поселения достаточно стереотипна. Земля при выкапывании норы выбрасывается на поверхность и формирует прочную дамбу вокруг входа (4), препятствующую проникновению в нору воды во время кратковременных паводков. Примерно на глубине 90 сантиметров может быть расположена караульная сторожка (2), куда животные отступают, когда их что-нибудь пугает. Собственно гнездо (3), выложенное травой, обычно размещается в самом

конце подземного туннеля. Груминг, или взаимный уход за шерстью, наблюдается только между членами одной и той же котерии (7, 17) и дает еще один пример группового поведения. Любопытство, заставляющее молодых несмышленышей покидать нору (13), порой оказывается губительным для них. В свободных ходах колонии могут жить норная сова (18) и гремучая змея (15), которые, как правило, не опасны для луговых собачек. То же можно сказать и о другом посетителе колонии — западной ошейниковой игуане (6). Напротив, барсук (19) и черноногий хорь (20) представляют смертельную опасность — гораздо большую, чем койот, за приближением которого внимательно наблюдают две опытные луговые собачки (16). Койот не роет собственных нор, подобно барсуку, и не забирается в ходы луговых собачек, как это делает хорь.





СЕРЫЙ ГУСЬ
В СПОКОЙНОМ СОСТОЯНИИ

Позы и их комбинации

Хотя человеческая речь выглядит для нас лучшим способом коммуникации, мы часто склонны забывать, насколько выразительными могут быть наши улыбки, плач и телодвижения. В некоторых ситуациях люди могут вполне успешно общаться и не прибегая к речи. Равным образом многие

ПОЗА ТРЕВОГИ

УГРОЗА НА РАССТОЯНИИ

РЕШИТЕЛЬНОЕ НАСТУПЛЕНИЕ

СИЛЬНЫЙ КОНФЛИКТ
МЕЖДУ АГРЕССИВНОСТЬЮ И СТРАХОМ

СЛАБЫЙ КОНФЛИКТ
МЕЖДУ АГРЕССИВНОСТЬЮ И СТРАХОМ

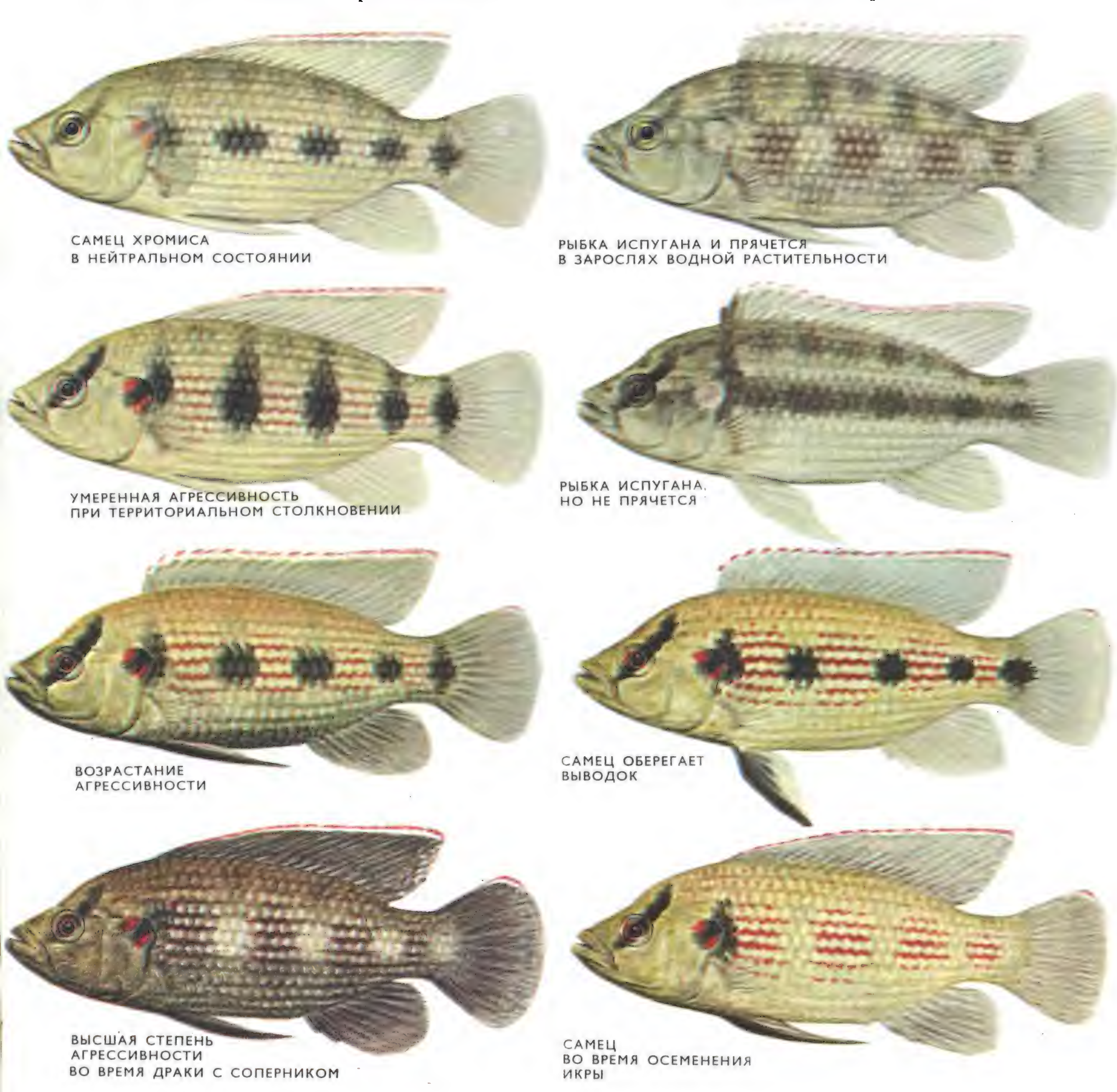
ОБОРОНА

ПОЗА ПОДЧИНЕНИЯ

НЕРЕШИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ СБЛИЖЕНИИ
С ДРУГОЙ ОСОБЬЮ

ПРИБЛИЖЕНИЕ К ПОТЕНЦИАЛЬНОМУ
БРАЧНОМУ ПАРТНЕРУ

животные способны передавать себе подобным весьма информативные сообщения без использования звуковых сигналов. Серый гусь, хотя нередко и кричит в гневе, в большинстве случаев выражает свои эмоции при помощи разнообразных поз. И маленькие пресноводные рыбки из семейства цихлидовых изменяют в разных состояниях не только положение плавников, но также окраску и цветовой узор. Это происходит благодаря растяжению или сжатию особых клеток в тканях кожи, окрашенных в красный и черный цвета. Взаимосвязь между особями в жизни цихлидовых рыб особенно необходима, поскольку они образуют длительные супружеские пары.





В обычном состоянии, когда белуха хранит молчание, ее голова имеет круглую форму, так что линия «лба» круто спускается к верхней челюсти.

Общение под водой

Подводный мир моря отнюдь не молчалив, как мы думали еще совсем недавно. В морских глубинах нас ждет какофония щебетания, свистов и стонов, хотя многие из этих звуков не слышимы человеческим ухом. Здесь, в толще воды, где звуковые волны распространяются быстрее и дальше, чем в воздушной среде, а видимость ограничена ничтожными расстояниями, животные предпочитают полагаться на звуковую связь. О рыбах в целом можно сказать, что они психически низкоразвиты, и если вообще общаются друг с другом, то делают это сравнительно редко. Они «слышат» всей поверхностью тела, плохо определяют направление звука, а большинство из них



Издавая звуки, белуха сокращает мышцы над верхней челюстью, и звукопроизводящая камера резко обрисовывается в передней части головы животного.

вообще молчаливы. Китообразные же — киты, морские свиньи и дельфины — психически высокоразвитые животные со сложными формами общественной жизни. Как у всех млекопитающих, их уши по своему строению сходны с нашими, но слышат они гораздо лучше нас. Их способность определять местоположение невидимых предметов (например, подводных рифов и скал), ориентируясь на отраженное эхо, сравнима с такой же способностью летучих мышей и поистине удивительна.

Эти животные постоянно связаны друг с другом и могут издавать огромное число разнообразных звуков. Наиболее разговорчива из них белуха, издавна известная среди английских моряков под названием «морская канарейка».



Сигналы и ответные реакции

Хотя язык высших животных необычайно сложен, коммуникация в животном мире в основном весьма проста и «прямолинейна». Мнение, что способность к умозаключениям у животных низка и что многие их действия в целом автоматичны, не ново. Это справедливо как в отношении амебы, так (хотя и в меньшей степени) и в отношении человека. Уколите *Homo sapiens* иголкой, и он тут же отскочит в сторону. Коммуникация у животных порой не должна быть сложнее такого «взаимодействия». Так, для самца манящего краба хороша любая супруга, лишь бы это была самка того же вида. Под влиянием внутреннего полового побуждения самец при виде самки автоматически начинает особым образом размахивать своей клешней, и самка в ответ на это автоматически же сближается с ним.

Когда маленький птенец проголодается, он широко открывает клюв. Это единственный «язык», который известен и нужен ему на этой стадии развития. Автоматически реагируя на раскрытый клюв птенца как на своеобразную «мишень», взрослые птицы заталкивают в него принесенный корм. Чем ярче и крупнее «мишень», тем больше вероятность «попаданий»; самый активный птенец чаще получает пищу, а значит, у него больше шансов продолжить свой род. Иными словами, идет процесс отбора. Этим и объясняется развитие окраски в полости рта у некоторых паразитических птиц, откладывающих яйца в чужие гнезда, в частности у ткачика вдовушки. Если птицы тех видов, в гнезда которых вдовушка откладывает свои яйца, руководствуются при кормлении птенцов определенными пятнами в полости их рта, то и птенцы вдовушки, очевидно, должны иметь точно такие же пятна. Так оно и есть на самом деле!

Призывая самку, самец манящего краба размахивает своей клешней (верхнее фото). По мере приближения подруги движения клешни становятся все более неистовыми (средние фото). Самка готова последовать за самцом в его жилище (нижнее фото).

Широко раскрывая клюв, птенец попугайного вьюрка демонстрирует четыре яркоокрашенные, с металлическим блеском пятна у основания зева. Вид этих пятен побуждает родителей вкладывать принесенную ими пищу в рот птенца. Спустя пять или шесть недель пятна полностью исчезают.



Язык действий

Подобно тому как два иностранца могут объясниться друг с другом жестами, животные разных видов прибегают к вполне однозначным средствам, чтобы быть понятыми. В большинстве случаев при взаимодействии животных двух видов одно из них пытается запугать другого и прогнать его со своего пути или из пределов своей территории. Именно это и стремится сделать воинственно настроенная голубая сойка, которая нападает на виргинского филина (внизу).

Совершенно ясно, что маленькая сойка не в состоянии нанести сколько-нибудь серьезного вреда

Застав филина около своего гнезда, голубая сойка бросается в атаку.

Ловко ударив неприятеля крылом, сойка



несравненно более крупному филину. Напротив, этот хищник, постоянно нападающий на мелких птиц, представляет смертельную опасность для голубой сойки. Но отсутствие обоюдного взаимопонимания в данном случае благоприятствует сойке. Поскольку у виргинского филина вообще нет серьезных врагов, он попросту «не знает», как отвечать на подобное «нападение». Филин в замешательстве, и естественная реакция хищника на мелких животных — нападение — не срабатывает. Если сойка не прекратит своих атак, филин ретируется.

на мгновение присаживается.



Затем она снова кидается на филина, который втянул голову в плечи.



Собираясь сплошной массой на стволе дерева, эти гусеницы тем самым предохраняют себя от нападения различных врагов. Яркая предупреждающая окраска свидетельствует о том, что гусеницы несъедобны. Когда они держатся вместе, этот предостерегающий эффект усиливается. Кроме того, жесткие волоски многочисленных насекомых образуют общую преграду, эффективно препятствующую нападению хищников.

8 Эволюция поведения

По мере того как все большее число исследователей объединяют свои усилия, чтобы проникнуть в загадки поведения, вырисовывается картина почти безграничного многообразия путей, которые ведут к наилучшему выживанию животных. Элементарные кирпичики организма — чувствительные, нервные, мышечные и железистые клетки, — работающие практически по единому принципу во всех больших группах царства животных, в каждом отдельном случае объединяются в чрезвычайно сложную систему, характерную только для данного вида и противостоящую враждебным воздействиям со стороны окружающей среды своим собственным, вполне эффективным способом. Живые организмы столь же разнообразны по своему поведению, как и по богатству размеров, форм и красок.

В предыдущих главах мы лишь констатировали такое положение вещей. Но любознательность не позволяет нам остановиться на этом. Мы должны попытаться выяснить, каким образом возникло подобное многообразие форм поведения и способов их эффективного использования.

Едва ли сейчас кто-нибудь из образованных людей сомневается в том, что все многочисленные виды животных, населяющие в настоящее время земной шар, возникли в результате длительного процесса эволюции. Изучение эволюции — одна из главных задач биологии. И основной материал для решения этой задачи дает изучение ископаемых остатков животных. Сущность механизмов эволюционного процесса, продолжающегося и в настоящее время, выводится из всей совокупности фактов, накопленных трудами генетиков, систематиков, анатомов, экологов и биологов иных специальностей. Современная теория эволюции — плод объединенных усилий всех этих ученых, результат дальнейшего развития и тщательной разработки дарвиновской теории естественного отбора, величественный синтез всесторонних био-

логических познаний. В чем же сущность этой теории?

Вместе с генами, заключенными в половых клетках родителей, новое поколение, как правило, с безупречной точностью получает определенную генетическую информацию, контролирующую развитие молодого растущего индивидуума. Бывают случаи, когда подобная передача осуществляется не столь точно, и тогда потомство получает слегка измененные гены, отличные от тех, которыми обладали родители. Такое происходит редко, если иметь в виду отдельный ген. Но если учесть, что каждая особь — песчинка в большой популяции, что вид располагает множеством генов и что любые изменения генов усугубляются в последующих поколениях за счет процессов перекомбинации, то станет ясно, что отдельные особи в пределах популяции вида сильно различаются своими наследственными качествами. Мы будем близки к истине, если скажем, что нет двух генетически абсолютно схожих индивидуумов. Если это так, то отсюда следует, что различные индивидуумы не могут быть одинаково хорошо приспособлены к существованию и положение менее приспособленных медленно, но неуклонно ухудшается под давлением внешней среды. При том условии, что генетическое разнообразие неизменно возобновляется и поддерживается — а нам известно, что это так и есть, — процесс естественного отбора заставляет каждый вид приспосабливаться к окружающим условиям. Но поскольку внешняя среда неуклонно изменяется, а виды продолжают, осваивая новые места, расширять сферы своего обитания, постольку процесс этот бесконечен и виды не перестают развиваться. С другой стороны, даже у хорошо приспособленных видов генетическое многообразие постоянно ставит под угрозу их эволюционные приобретения. Можно сказать, что естественный отбор постоянно заставляет виды «тянуться вверх», поддерживая максимально приспособленных и тем самым делая устойчивым наиболее совершенный тип данного животного. Формы давления со стороны естественного отбора бесконечно многообразны. Возможен даже отбор на большую или меньшую степень генетической изменчивости. Поэтому процессы изменчивости и отбора неизменно взаимодействуют между собой.

Такова в двух словах сущность современной теории эволюции. Ископаемые остатки дают исследователю строения животных непосредственную историческую документацию, хотя и очень отрывочную. К сожалению, мы не в силах получить прямые сведения о том, какими путями шла эволюция поведения в прошлом, так как ископаемые не способны как-либо «вести себя». Однако в наших руках немало косвенных данных, позволяющих в той или иной степени судить об изменении поведения в ходе эволюции. Мы начинаем догадываться, каким образом мутации и естественный отбор влияют на поведение животных и как совместное действие этих двух важных факторов эволюции ведет к увеличению разнообразия форм поведения и эффективности последних.

Тело каждого животного имеет вполне определенное строение и снабжено разнообразными органами и приспособлениями для выполнения тех или иных задач. Исходя из этого, можно было бы оправдать следующий ход мыслей: животное методом проб и ошибок останавливается в конце концов на том типе поведения, который наиболее соответствует строению его тела. Став на эту точку зрения, можно было бы сказать, что рыба начинает учиться плавать лишь после того, как обнаружит, что ее плавники лучше приспособлены для плавания, чем для хождения по дну. Точно так же можно было бы предположить, что приспособление к окружающим условиям возникает после того, как животное испробует различные линии поведения и наконец случайно обнаружит наиболее удобные.

Если бы дело обстояло таким образом, то изучение эволюции поведения не выливалось бы в самостоятельную проблему. Будучи зависимым только от строения тела и от окружающей среды, поведение проявлялось бы косвенно — лишь в такой форме, которую «допускают» структура организма и внешние условия. В действительности дело обстоит совсем иначе. Мы часто наблюдаем, что виды, которые, казалось бы, обладают сходным строением тела и живут бок о бок, тем не менее ведут себя различно. Это означает, что они различаются по признакам, заложенным в определенных генах, не тех, что отвечают за цвет глаз или длину ног, а тех, которые ответственны за поведение, — гены незлобивости, агрессивности, энергичности токования, способности ориентироваться в лабиринте и множества других качеств, не обнаруживающих явной связи со строением тела животного и условиями его обитания.

Несомненно, что в целом ряде случаев различия в поведении разных видов оказываются прямым следствием воздействия внешней среды. Если самцов кряквы или шилохвости воспитывать с птицами их вида, они будут спариваться только со своими самками. Но если кряковый селезень с момента рождения видит вокруг себя только шилохвостей, то он будет стараться избирать в подруги утку шилохвости. Точно так же селезень шилохвости, выросший в компании крякв, постарается спариться с кряковой уткой, а не с самкой своего вида. Отсюда можно заключить, что селезни кряквы и шилохвости не руководствуются при выборе брачного партнера врожденной способностью различать виды. Тот факт, что в есте-

ственных условиях селезни выбирают самок своего вида, является следствием того, что они вырастают в различных условиях — в разных сообществах птиц. Гораздо удивительнее другое: самки кряквы и шилохвости, выращенные среди представителей чужого вида, все же будут стремиться найти брачного партнера своего вида. Это различие между самками кряквы и шилохвости столь же четко и постоянно, как и различия в форме клюва или окраске оперения этих видов.

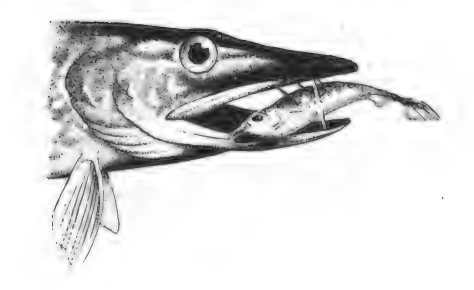
Если оставить в стороне пример с селезнями кряквы и шилохвости и несколько других примеров того же рода, то в огромном большинстве случаев характер поведения нельзя объяснить, исходя только из особенностей строения тела животного и окружающей его среды. Неповторимость поведения, свойственного тому или иному виду, — это главным образом следствие генетической уникальности вида. Долгое время натуралисты лишь догадывались об этом. Сейчас это начинает находить свое подтверждение в исследованиях по генетике поведения. Вновь и вновь скрещивая между собой представителей разных видов или разных пород одного вида, генетики приходят к выводу, что многие черты поведения, например такие, как уже упомянутые незлобивость или агрессивность, наследуются по тому же принципу, что и особенности строения тела.

Интересный опыт по скрещиванию двух видов попугайчиков-неразлучников провел Вильям Дилгер из Корнеллского университета. Птицы одного из этих видов носят строительный материал для гнезда в оперении надхвостья; представители другого вида — в клюве. Гибридные птицы пользуются и тем и другим способом. Бóльшую часть заготовленного материала они переносят, засунув его под перья. Этот способ менее эффективен, чем транспортировка в клюве. Поднимая упавшие кусочки листьев или коры, попугай постепенно обучается пользоваться клювом для их переноски.



ШИПЫ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Хотя все виды колюшек несут на спине острые шипики, последние заметно отличаются по своим размерам, и эти различия, несомненно, связаны с различиями в поведении разных видов. На верхнем рисунке показан самец десятииглой колюшки в его естественном окружении. Шипы этой рыбки малы и не могут служить надежной защитой от нападения хищных рыб. Именно поэтому рыбка постоянно прячется среди зарослей водной растительности и даже в брачный период окрашена в тусклые, серовато-коричневые тона. Напротив, шипы трехиглой колюшки гораздо длиннее, что позволяет их обладателю не только вести себя более безбоязненно и даже дерзко, но и щеголять в ярком брачном наряде. Трехиглая колюшка — это своего рода ожившая подушечка для булавок, поэтому она редко подвергается нападению со стороны щук и других хищных рыб. Если щука все-таки схватит трехиглую колюшку, то обычно сразу выплевывает ее, и рыбка остается невредимой.



Даже одна-единственная мутация, изменение единственного гена может повлечь за собой преобразование поведения. Это подтверждается в опытах по изучению брачного поведения плодовой мушки *Drosophila melanogaster*. Нормальный самец этой мушки, находясь прямо перед самкой, энергично вибрирует крылышками и тем самым стимулирует ее к спариванию. После нескольких бурных вспышек подобного поведения, перемежающихся короткими интервалами, самец спаривается с самкой. Однако среди плодовых мушек есть «желтые мутанты», которые отличаются от нормальных насекомых всего лишь одним геном. Эти желтые самцы меньше вибрируют крылышками и реже пытаются овладеть самкой.

Хотя генетика поведения пока еще переживает пору детства, тем не менее уже сейчас ясно, что великое множество форм поведения определяется генетическими факторами и в такой же степени зависит от генетической неоднородности видов и популяций, как и многообразие телесных форм. Более того, очень вероятно, что и различия в поведении между представителями одной популяции также наследственно предопределены, по крайней мере частично. Поскольку роль поведения в жизни животных чрезвычайно велика, подобная генетическая неоднородность предоставляет естественному отбору возможность выделить среди них с течением времени наиболее приспособленный тип.

Чтобы понять, как действует естественный отбор, лучше всего было бы имитировать его. Иными словами, самим отбирать, а потом проверить, идет ли эволюция в ожидаемом направлении. Это как раз то самое, что сделал человек, занимаясь выведением улучшенных пород домаш-

них животных. Правда, этот колоссальный эксперимент был направлен главным образом на изменение форм, размеров и окраски и поэтому мало что дал для понимания эволюции поведения. Тем не менее люди бессознательно отбирали и такие качества, как незлобивость, высокую плодовитость, способность к скрещиванию, столь важные для разведения большинства домашних животных. Все это довольно трудно обнаружить, если имеешь дело, например, с лошадьми или крупным рогатым скотом, поскольку нет материала для сравнения из-за отсутствия их диких предков. А вот предок домашних гусей — серый гусь — пока еще с нами. Эта птица до такой степени строгий моногам, что «вдовцы» часто отказываются вступить в повторный брак. В то же время гусак с нашего птичьего двора после нескольких тысячелетий воздействия искусственного отбора стал настоящим Казановой.

Наиболее интересные сведения получены из опытов, задуманных специально для изучения эволюции поведения. Подобные эксперименты, естественно, возможны лишь на таких животных, у которых поколения очень быстро сменяют друг друга, что позволяет за сравнительно короткий промежуток времени изучить множество генераций. Не удивительно, что для этих целей использовали уже упоминавшуюся плодовую мушку, которая в течение одного года дает много поколений. В опыте, о котором пойдет речь, нужно было проверить, в состоянии ли отбор усилить среди мушек близкородственных линий тенденцию спариваться только с особями своей линии. Для опыта взяли две линии мушек, которые в естественных условиях охотно скрещиваются друг с другом. Охотно, но не без разбора: в самом начале эксперимента мушки каждой линии все-таки отдавали предпочтение себе подобным. Одинаковое количество самцов и самок обеих линий посадили вместе и предоставили им возможность свободно скрещиваться. В получившемся потомстве все гибридные особи были уничтожены. Тем самым родители, склонные скрещиваться с чужаками, подверглись отрицательному отбору, поскольку не смогли внести своего вклада в последующее поколение. Чистокровным плодовым мушкам, потомкам самцов и самок, относящихся к одной линии, снова предоставили возможность свободно выбирать партнера и вновь уничтожили гибридное потомство. Так продолжалось три года — за это время у мушек сменилось сорок поколений. Столь суровый отбор, направленный против гибридизации и проводившийся на протяжении жизни сорока поколений, привел к заметному результату. Самцы сорокового поколения спаривались уже преимущественно с самками своей собственной линии, самки же гораздо более последовательно отвергали ухаживание чужих самцов. В результате этих эволюционных изменений возникла более стойкая половая изоляция между двумя линиями плодовой мушки. Конечно, этот эксперимент не объясняет, каким образом в результате отбора возникает половая изоляция; он только показывает, что отбор может привести к ее возникновению.

После того как нам стало многое известно о роли отбора и о том, к чему он приводит, попытаемся подойти к проблеме с другой стороны. Если в результате естественного отбора развивается приспособительное поведение, то формы поведения современных животных должны содействовать их выживанию. Вот почему исследование приспособительной ценности поведения важно не только само по себе, но и для понимания хода эволюции.

Первый шаг состоит в том, чтобы выяснить, содействует ли какая-то определенная форма поведения успешному существованию особи или нет. Иногда подобная задача решается простым наблюдением и сопоставлением фактов. Например, мы знаем, что птице для нормального существования необходима некая теплоизоляция, которая обеспечивается прослойкой воздуха в ее оперении. Далее, нам известно, что в холодную погоду птицы взъерошивают перышки и тем самым увеличивают воздушную прослойку. Теперь мы можем быть уверены, что взъерошивание оперения полезно как защита от холода. Но в некоторых случаях без эксперимента не обойтись. Пока не было доказано, что насекомоядные птицы, охотясь на гусениц, окрашенных по принципу скрадывающей противотени, чаще хватают тех, которые сидят в «неправильном» положении (и тем самым становятся заметными среди плоской листвы), мы не вправе были утверждать, что поза гусеницы есть необходимый элемент ее защиты от хищника. Точно так же мы и не подозревали бы, каков смысл синхронного гнездования в колониях чаек, если бы нам не было известно, что самые ранние и самые поздние выводки чаще страдают от нападения хищников, чем основная масса, приуроченная к середине сезона размножения.

Те данные, которые постепенно накапливаются в результате изучения приспособительной роли поведения, пока еще очень отрывочны и скупы. Но уже вырисовывается яркая картина — необычайное разнообразие самых неожиданных поведенческих приспособлений, которые возникают при столкновении с множеством требований со стороны внешней среды и отвечают на них удивительно точно и неожиданным способом.

Возьмем лишь один пример, который показывает, что одна и та же задача — распределение особей того или иного вида в пространстве — решается самыми различными способами. Цель «механизмов рассеивания» — свести до миниму-

ма конкуренцию между особями. Простейший путь решения этой проблемы состоит в том, что животное пассивно отдается на волю воды или ветра и остается во власти стихии до тех пор, пока не наступит время осесть на месте. Именно так поступают личинки многих морских животных, в том числе моллюсков, морских звезд и крабов. После нескольких дней, недель или даже месяцев свободного плавания они изменяют свое поведение, опускаются на дно и остаются там до конца жизни. Многие гусеницы утратили бы эффективность покровительственной окраски и стали бы слишком заметны для хищников, если бы держались не поодиночке, а большими группами. Чтобы этого не случилось, многие ночные бабочки откладывают яйца не рядышком, а рассредоточенно, в разных местах. Однако березовая пяденица откладывает яички компактными кучками, хотя и ее гусеницы могут полагаться на свою покровительственную окраску лишь в том случае, если будут жить поодиночке. Поэтому уже сама гусеница заботится о своей неприкосновенности: вскоре после вылупления из яйца она взбирается на вершину куста, выпускает паутинку и, пользуясь ею как парусом, уносится по ветру.

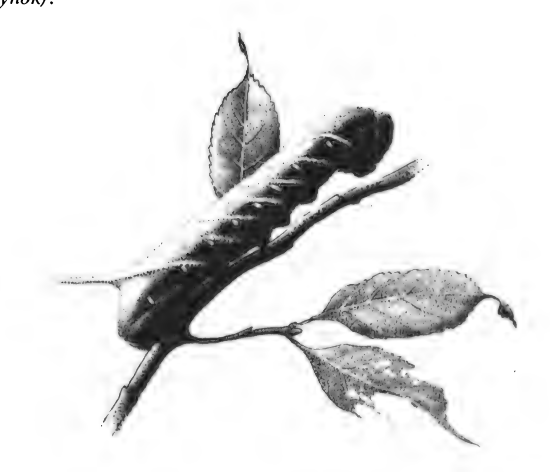
Другие обладающие защитной окраской гусеницы, как и многие высшие позвоночные, полагаются на собственные средства передвижения и самостоятельно покидают своих собратьев. Самки многих паразитических перепончатокрылых избегают откладывать яйца в такого хозяина, который уже подвергся «нападению» другой самки. Роящиеся пчелы улетают целыми группами. Если поставить на их пути несколько пустых ульев, то рой остановится в том, который находится на расстоянии не менее двухсот метров от старого улья. Виды, особи которых занимают индивидуальные участки, пользуются еще более действенными методами. Пока животные не находят подходящего участка, они не соперничают друг с другом. Но, обосновавшись в определенном месте, хозяева территории изгоняют прочь всякого пришельца. У многих уток селезень, уже нашедший себе партнершу, тем не менее интересуется другими самками, попавшими на его территорию. Он пытается спариваться с ними, не выполняя некоторых брачных церемоний, необходимых для ответной реакции самки. Поэтому холостые утки избегают занятых участков, что приводит к рассредоточению гнезд. Примерно то же происходит у стрекоз, хотя и несколько более примитивным способом. Самец пытается спариваться с любой стрекозой своего вида, залетающей на его территорию, независимо от того, самец это или самка. И если самка иногда и принимает его ухаживания, то самец реагирует на поведение хозяина как на нападение и улетает прочь.

Своим познаниям относительно колоссальной роли естественного отбора мы во многом обязаны



ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ВНЕШНИМ ВИДОМ И ПОВЕДЕНИЕМ

Окраска гусеницы глазчатого бражника делает ее незаметной для птиц лишь в те минуты, когда та висит на веточке спиной вниз. Свет, падающий сверху, создает своеобразную зрительную иллюзию: гусеница выглядит совершенно плоской и сливается с листвой (верхний рисунок). Но если перевернуть веточку, гусеница сразу становится заметной, ибо ее верхняя сторона теперь выглядит очень светлой, а нижняя — слишком темной. Хотя гусеница ничего «не знает» об этом, она тем не менее стремится сразу перебраться на нижнюю сторону веточки (нижний рисунок).



биологам-натуралистам, которые изучают поведение животных в естественных условиях. Ведь именно природная обстановка оказывает то самое воздействие, на которое животное определенным образом отзывается и к которому оно приспосабливается. Поэтому не удивительно, что все больше исследований поведения животных проводится в полевых условиях.

Однако, для того чтобы судить, действительно ли усовершенствование приспособленности возникло в процессе эволюции благодаря естественному отбору, недостаточно показать, что полная утрата того или иного типа поведения ставит животное в неблагоприятные условия и уменьшает его шансы выжить. Мы должны еще выяснить, окажется ли животное в невыгодном положении, если поведение его лишь незначительно откло-

нится от нормы. Исследований, проведенных в этом направлении, пока еще мало. Если говорить об особенностях строения тела, то в ряде случаев почти незаметное отклонение может оказаться вредным. Вспомним покровительственную форму тела некоторых гусениц, весьма похожих на древесный сучок, или глазчатые пятна многих ночных бабочек, играющие угрожающую роль.

Сходным образом и некоторые формы поведения кажутся совершенными или близкими к совершенству. Едва ли можно улучшить поведение ночных бабочек с покровительственной окраской, проводящих светлое время суток в полной неподвижности. А что может быть безупречнее способности ос и пчел находить дорогу домой, ориентируясь по местности? Но если мы попытаемся несколько глубже затронуть проблему совершенства, то очень быстро обнаружим, что наблюдаемое нами поведение сплошь и рядом нельзя признать наилучшим решением задачи выживания, стоящей перед живым существом. Вороне иногда удается прорваться в колонию чаек и похитить яйцо. Самец олуши порой столь свирепо клюет свою самку, что она попросту покидает его. Эти факты свидетельствуют о том, что как поведение обороняющихся чаек, так и брачное поведение олуши не лишено определенных ошибок. Внимательное изучение подобных случаев часто приводит нас к выводу, что улучшение какого-то одного момента неизбежно влечет за собой вредные изменения в других. Ворона так же опасна для взрослых чаек, как и для их яиц, поэтому хозяева гнезд уклоняются от чрезмерно агрессивных действий по отношению к ней. Самец олуши вынужден быть воинственным, только тогда он может сохранить гнездовой участок и, следовательно, вырастить потомство.

Итак, первое впечатление, что те или иные действия животных малоэффективны, обусловлено узостью нашего подхода. Мы полагаем, что естественный отбор должен приводить к всеобъемлющей эффективности. Но мы не вправе ожидать, что отбор может положительно влиять на формирование одного признака без побочного *вредного* воздействия на другие; нет, отбор приводит к компромиссному решению. Множество примеров тому дает строение тела и поведение животного. Лапа гуся — далеко не идеальный орган как для плавания, так и для хождения, однако она вполне справляется и с тем и с другим. Хотя пустая яичная скорлупа на краю гнезда делает его заметным и ставит птенцов чайки под угрозу, тем не менее родители не уносят ее сразу же. На первый взгляд такое поведение чаек далеко от совершенства. Но вылупившиеся птенцы, пока они не обсохли, особенно уязвимы для хищников, а родители не могут убрать скорлупу, не выставляя напоказ своих птенцов. Так приходит компромиссное решение: до тех пор пока птенцы не обсохнут, скорлупки лежат около гнезда.

По-своему несовершенны способы защиты животных от хищников и форма поведения, обеспечивающие «мир» между разными видами. В царстве животных нет существ, которые обладали бы вполне безупречными способами защиты. По мере того как жертва улучшает способы защиты, хищник совершенствует методы нападения. Креветка скрывается от врагов, зарываясь в песок, но каракатица и здесь способна поймать ее, ловко разбрасывая песчинки. Человек всячески изменяет естественные условия обитания животных, и те в силу медленного хода эволюции не успевают приспосабливаться к столь быстрым переменам. Массовое осушение болот в Западной Европе заставляет обыкновенную чайку перемещаться на песчаные дюны, где колонии чаек часто несут большие потери от нападения лисиц. Если в болотистой местности их обычно спасает вода, то на дюнах они ничем не защищены от набегов хищников.

И наконец, поведение может быть несовершенным еще и потому, что у того или иного вида в процессе эволюции слишком глубоко укоренилась способность выполнять какие-то определенные действия. Так, голуби по целому ряду признаков представляют уникальную среди птиц группу. Они пьют воду, всасывая ее через клюв, в то время как другие птицы захватывают воду клювом и глотают, запрокинув голову. И хотя первый способ кажется более эффективным, все же основная масса птиц зачерпывает воду, а не всасывает. Почему? Очевидно, «зачерпывающие» виды не могут переключиться на всасывание без того, чтобы временно не оказаться в положении, когда новый для них способ будет неэффективным, и это препятствует действию естественного отбора.

Итак, несовершенство поведения, которое мы наблюдаем, — явление скорее кажущееся, иными словами, оно неизбежно. В любом случае, взятое само по себе, оно не может служить доводом против существования естественного отбора. С другой стороны, тщательнейшие исследования дают множество примеров превосходной приспособленности поведения, и эти примеры ярко свидетельствуют о мощи естественного отбора.

До сих пор мы рассматривали лишь последнюю стадию эволюции поведения, стадию усовершенствования. Мы смогли убедиться в том, что отбор ведет к улучшению. Однако один важный вопрос остался вне сферы наших рассуждений. Как все эти чудеса эффективности возникли впервые? Как в ходе эволюции появлялись новые качества и свойства? Как случилось, что голуби стали всасывать воду, вместо того чтобы черпать ее клювом? Как птицы стали насиживать яйца?

К сожалению, об этом почти ничего не известно. Лишь в отношении одной категории поведения мы располагаем хорошо обоснованной теорией. Речь идет о так называемом демонстративном (сигнальном) поведении высших животных, которое особенно тесно связано с антагонистическими ситуациями и взаимоотношениями особей разного пола. Мы уже видели, что подобные сигналы часто служат внешним проявлением мотивационного конфликта между стремлениями к нападению и к бегству при угрозе со стороны соперника и между этими же двумя мотивами и третьим, половым, в момент брачных церемоний. Селезень, ухаживая за уткой, одновременно перебирает клювом свое оперение. Но это не то же самое действие, к которому он прибегает, когда действительно приводит в порядок оперение. В период ухаживания селезень прикасается клювом только к крылу, более того, к определенному месту на крыле, именно к тому участку, который окрашен наиболее ярко. В частности, у селезня мандаринки одно из перьев крыла сильно увеличено. Это перо, подобно языку яркого пламени, стоит торчком среди темно-зеленых перьев. Именно этот «флаг» и трогает самец клювом в момент, когда ухаживает за самкой. Но этот жест уже так мало похож на чистку пера, что, только сравнивая поведение мандаринки с поведением других уток, можно понять происхождение столь странного движения.

Это не единственный пример. Многие движения, наподобие тех, что используются при чистке оперения, в дополнение к своему первоначальному назначению приобрели и новые. Направление, по которому идет развитие таких новоприобретений, очевидно, в большей степени предопределяется свойствами органов чувств реципиента. Иными словами, возникшие таким образом сигналы должны оказаться для воспринимающих их особей как можно более сильными стимулами. (Животные, ориентирующиеся в основном с помощью зрения, естественно, пользуются преимущественно зрительными сигналами.) Обычно это различные «преувеличенные» жесты — искажения первоначальных, естественных телодвижений. Едва начавшись, движение может внезапно оборваться или же многократно и ритмично повториться. В других случаях появляются яркие цветовые пятна, демонстрируемые при помощи того или иного телодвижения.

Подобное преобразование поведения можно сравнить с приобретением органами новых функций в процессе эволюции. Клешни омара, служившие первоначально только для передвижения, в ходе эволюции преобразовались в инструмент для раздавливания грубой пищи.

Сигнал должен быть не только заметным, но еще и четким, внятным. Он не будет эффективным, если его легко спутать с другим, служащим иной



ЭВОЛЮЦИЯ БРАЧНЫХ ТЕЛОДВИЖЕНИЙ

На примере поведения селезней этих четырех видов уток можно проследить постепенное преобразование телодвижений, используемых при уходе за оперением, в символические жесты. Всякое ухаживание самца за самкой у птиц — это конфликтная ситуация, в которой самец не может избежать некоторых «нервозных телодвижений». Так, ухаживающий селезень перебирает клювом свое оперение. Подобные движения постепенно развиваются в броские сигнальные жесты, различные у разных видов. Пеганка энергично теребит основание крыла. Селезень кряквы приподнимает крылья, выставляя напоказ яркое зеркальце, и одновременно перебирает клювом перья. Чирок-трескунок легкими движениями клюва ерошит оперение на внешней поверхности крыла, где расположено сине-голубое зеркальце. И наконец, мандаринка чисто символически касается кончиком клюва одного самого крупного, яркого пера.

цели. И прежде всего недопустима путаница в действиях, связанных с процессом размножения, ибо всякая неточность в этой сфере отношений может повлечь за собой нарушение важнейшей функции продления рода. Именно поэтому все брачные демонстрации особенно определенны и характерны. Сигнал должен отличаться не только от других, используемых тем же видом животных, дабы избежать неправильности в ответных действиях. В ходе эволюции появляются различия и в соответствующих сигналах близкородственных видов, что уменьшает риск гибридизации между ними.

Сравнительное изучение сигнальных поз и телодвижений не только дает нам представление о том, как возникают «новые» элементы поведения, но и убеждает, что они не являются новыми, а развились из существовавших ранее. Мы называем эти элементы новыми постольку, поскольку отбор видоизменил их в большей степени, чем многие другие. Такой новый сигнал может возникнуть из слияния двух хорошо известных движений. Например, брачный танец самца трехиглой колюшки состоит из серии законченных зигзагообразных бросков, каждый из которых отделен от предшествующего отчетливой паузой. Для наблюдателя совершенно очевидно, что элемент «заг», стремительный, неожиданно обрывающийся бросок в сторону самки, — это начало агрессивного нападения, тогда как движение в противоположном направлении, «зиг», — начальная стадия приглашения самки к гнезду. На современном этапе эволюции каждый такой «зиг-заг» представляет собой единое звено в цепи ритуальных брачных телодвижений, и весь танец состоит из ритмичного повторения этих зигзагообразных бросков. Танец демонстрирует перед самкой не только эти замечательные движения, но и яркую, сверкающую окраску самца. Эксперименты с макетами подтверждают, что все это стимулирует самку и побуждает ее к сближению с самцом.

Каково же место человека во всей этой сложной системе многообразия форм поведения? Многочисленные ископаемые остатки, которые неуклонно пополняются, вновь и вновь заставляют признать, что в сравнительно недавнюю геологическую эпоху наш вид произошел от обезьяноподобного предка. На первый взгляд мы кажемся себе единственными в своем роде, однако уникальность нашего вида во многом базируется на развитии свойств наших дальних предков: наши «новые» качества уходят своими корнями в царство животных. Мы еще далеки от понимания, каким образом развились чисто человеческие особенности, и тем не менее уже начинаем представлять себе, хотя и смутно, возможные предпосылки человеческого поведения в поведении животных. Способность к обучению могла бы показаться уникальной особенностью человека, если бы эта способность не была очень развита у многих видов животных. Исследования, проводимые на животных, помогают нам улучшить наши собственные методы обучения. Умение человека заглядывать в будущее и предвидеть возможные результаты своей деятельности, несомненно, гораздо более совершенно, чем соответствующие качества у животных. Однако мы видели, что и животные обладают примитивными формами предвидения: они постоянно ожидают появления внешних стимулов. Наше абстрактное мышление, способность к общим представлениям и умение устанавливать причинно-следственные связи — все это с успехом могло вырасти из тех или иных особенностей поведения животных. У животных с развитым групповым поведением можно обнаружить даже предвестники некоторых наших норм морали. Вспомним хотя бы примитивный альтруизм родительских особей по отношению к своим детенышам, устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих» поз, повиновение вожакам. Обо всем этом мы столь мало знаем потому, что до сих пор, изучая поведение человека, мы крайне редко пользуемся теми методами, которые применяем к животным. Как это ни удивительно, но в наших руках все еще нет даже хорошего описания наиболее общих форм поведения детей, не говоря уже о поведении взрослого человека.

Развитие общественной жизни и поведения у человека в течение последних 10 000 лет шло несравненно быстрее, чем у животных. Не следует забывать, что преобразование человека во многом, если не всецело, находилось под воздействием особых законов, которых автор этой книги не касался. У нас нет серьезных оснований думать, что с момента появления кроманьонца человечество сильно изменилось генетически. Мы изменялись в основном за счет приобретения новых познаний. Но даже эта «психоэволюция», как называет ее Джулиан Хаксли, не является чем-то абсолютно новым. Точно так же новые привычки могут распространяться и в популяции животных. Очевидно, все дело в масштабе. Однако наша психоэволюция влечет за собой действительно уникальные и весьма опасные последствия. Мы так быстро меняем окружающую среду, в том числе и среду социальную, что наши генетически обусловленные поведенческие приспособления не поспевают за столь резкими преобразованиями. Не в наших силах ускорить генетическую эволюцию человека и приспособить ее к этим порой ужасающим изменениям. Единственная надежда — научиться управлять этой новой средой. Вот почему изучение нашего поведения — задача неотложной важности, хотя это и не единственный способ познания человечества.



Засовывать полоски бумаги в оперение надхвостья — врожденная форма поведения у самок попугайчика-неразлучника, типичный для этого вида способ переноса строительного материала.

ЭВОЛЮЦИОНИРУЕТ ЛИ ПОВЕДЕНИЕ?

Одни типы поведения всецело врожденные, так же как физические особенности животного; другие — полностью приобретенные. Однако большинство форм поведения представляет собой сложную комбинацию врожденных и приобретенных свойств. Чтобы понять, почему животные ведут себя так, а не иначе, важно отделить врожденные черты поведения от приобретенных. Бесконечные часы неусыпного внимания, проведенные учеными в лаборатории и в природе, затрачены на разгадывание этой головоломки, причем результаты нередко оказываются самыми неожиданными.

12—114



Луизианская цапля держит только что пойманную рыбу. Во время охоты эта цапля обычно танцует на мелководье, спугивая своими пируэтами дотоле неподвижных рыб. Когда рыба начинает двигаться, цапля замечает ее и хватает клювом.



Американская белая цапля наносит быстрый удар по плывущей мимо рыбе. Эта птица, охотясь, обычно медленно и настороженно расхаживает по мелководью. При появлении жертвы цапля застывает и хватает ее, только когда та оказывается на достижимом расстоянии.

У каждого свой способ ужения

Изучение повадок водных птиц, обитающих в прибрежных болотах на юге Соединенных Штатов Америки, дает нам блестящий пример того, как небольшие отличия в поведении позволяют близким видам существовать совместно. Все эти птицы длинноноги и длинношеи, они делят между собой одну местность, ловят одинаковую добычу, но каждый вид делает это немного иначе, чем другие, поэтому никто не стоит у другого на пути. Эти видовые особенности поведения в течение долгого времени формировались под действием естественного отбора и укоренились столь прочно, что стали таким же неотъемлемым качеством вида, как длинная шея и длинный клюв.



Слегка придавив жертву, змеешейка одним движением отправляет ее в глотку — головой вперед. Птица никогда не глотает рыбу с хвоста — в этом случае чешуя и плавники помешали бы заглатыванию добычи.



У американской белой цапли существует и другой способ охоты: она проносится над водой, высматривая плавающих у самой поверхности рыб, и хватает их на лету.



Змеешейка — истинный ныряльщик. Плывя под водой, она широко расправляет крылья. Падающая на дно тень птицы привлекает рыб и позволяет змеешейке лучше видеть жертву. Тогда она ныряет и хватает свою добычу.







Может показаться, что в поселении обыкновенных чаек царит полный хаос. На самом деле это вполне организованное сообщество. Совместное гнездование обеспечивает и совместное отражение нападения врага, например серых ворон (7). Гнезда, расположенные изолированно от колонии, чаще подвергаются набегам хищников (1). С другой стороны, птицы не должны гнездиться слишком близко друг к другу: необходимая рассредоточенность обеспечивается самцами, стойко отстаивающими свои участки от посягательств соседей. Покровительственная окраска надежно маскирует яйца и птенцов, защищая их от забредшей в колонию лисицы, следы которой хорошо видны на песке (13). Однако, после того как птенцы вылупились, белизна внутренней поверхности яичной скорлупы привлекает внимание хищников, и они могут обнаружить беспомощных птенцов (1). Да и сами чайки иногда поедают яйца и птенцов своих соседей по колонии. Поэтому, пока самец отгоняет непрошеных гостей (2), самка уносит от гнезда скорлупки. Ранней весной у чаек начинаются брачные игры. Зимнее, белое оперение головы сменяется коричневым. Строгая темная маска самца и его угрожающая поза отпугивают соперника. В этот период самцы-соседи ревностно защищают свои участки и порой вступают в драку (10). Правда, гораздо чаще они ограничиваются тем, что принимают угрожающие позы: расправляют крылья и топчутся на месте (5) либо издают продолжительный предупреждающий крик, оставаясь на земле (6) или кружась в воздухе (3). Этот своеобразный крик не только отпугивает пришлых самцов, но и привлекает самку, у которой еще нет

партнера. Взаимоотношения между самцом и самкой достаточно сложны. Вначале партнеры держатся недоверчиво и даже враждебно по отношению друг к другу, принимая типичные угрожающие позы (11). Но вскоре птицы уже стоят рядом — взаимная неприязнь смягчается (12). Одновременно подняв клювы кверху, они начинают церемонию дружеских «переговоров». Дальнейшее сближение возможно после того, как птицы отворачиваются, пряча друг от друга свои угрожающие темные маски (9). После нескольких таких церемоний самец отрыгивает пищу и кормит самку (8), а затем приглашает ее к тому месту, которое он выбрал для постройки гнезда. Указывая самке подходящее углубление, самец особым образом крутит головой (4).





Будучи испуганной, малая ушастая сова вначале делает все, чтобы остаться незаметной: она вытягивается столбиком и плотно прижимает оперение, становясь при этом длинной и тонкой (справа). Но если хищник все же заметил птицу, она пытается устрашить врага, щелкая клювом, моргая широко раскрытыми глазами и взъерошивая оперение головы и туловища (внизу).

Маскировка и бравада — чтобы выжить

Некоторые животные, подобно изображенным здесь малой ушастой сове и бабочке-бражнику, обладают способностью выбирать прямо противоположные способы защиты от хищников. Оба вида ведут ночной образ жизни, а во время дневного отдыха полагаются в основном на свою защитную покровительственную окраску. Привычка сохранять при этом полную неподвижность усиливает действенность этого удивительно совершенного камуфляжа. Но будучи все-таки обнаруженной хищником, сова в момент непосредственной опасности запугивает врага, «увеличивая» свои размеры и одновременно щелкая клювом и хлопая крыльями. Бражник в подобных ситуациях придерживается более утонченной линии поведе-

ния. Он всплескивает передними крыльями, обнажая глазчатые пятна на задних. Это нередко останавливает нападающего и позволяет бабочке улететь. Такое сравнительно простое поведение дает прекрасный пример того, как повадки животных формируются в процессе эволюции параллельно с преобразованием окраски тела. Исчерпывающие исследования А. Д. Блеста показали, что ночные бабочки без глазчатых пятен на задних крыльях никогда не делают подобных движений крыльями. Эти бабочки полагаются исключительно на свою покровительственную окраску и сохраняют полнейшую неподвижность, даже если дотрагиваешься до них пальцем.



У отдыхающего бражника передние крылья, окрашенные в защитные цвета, целиком покрывают задние. Если дотронуться до бабочки, она судорожно вздергивает передние крылья и открывает яркие глазчатые пятна на задних. Эти красочные отметины приводят хищника в замешательство, и он нередко выпускает добычу, принимая глазчатые пятна за настоящие глаза какого-то непонятного и опасного животного.



Огромная голова — средство устрашения врага — появляется на переднем конце тела гусеницы бражника, когда насекомое особым образом увеличивает давление крови, поступающей к грудным сегментам. Истинная голова едва заметна в нижней части этой зловещей маски.

«Глаза» как средство самозащиты

Те гусеницы, у которых глазчатые пятна играют важную роль в общем ряду способов самозащиты, приобрели способность демонстрировать эти яркие отметины наиболее эффектным способом. Будучи испуганными, многие гусеницы изгибают или раздувают тело таким образом, что на его переднем конце появляется непропорционально большая «голова». Некоторые гусеницы приподнимают туловище над землей и раскачиваются из стороны в сторону, одновременно увеличивая свои и без того яркие глазчатые пятна. Многие натуралисты склонны видеть в таком специализированном поведении форму мимикрии, «образцом» для которой служат сходные повадки змей. У других гусениц глазчатые пятна обычно скрыты в складках шкурки и выставляются напоказ в тот момент, когда их владелица чем-то испугана. Наконец, у ряда других видов эти яркие отметины находятся на нижней поверхности тела и могут быть продемонстрированы лишь в том случае, если гусеница переворачивается на спину.

«Глаз», расположенный на выступающем участке тела гусеницы бражника Эббота, есть не что иное, как деградирующий рог. Эта отметина служит для того, чтобы отпугивать птиц, постоянно питающихся гусеницами.



Изогнувшись, гусеница бабочки-совки приподнимает переднюю часть туловища, чтобы запугать врага. Ее настоящая голова низко опущена и спрятана от глаз хищника. В этой позе сгорбленная спина удивительно напоминает голову; это сходство подчеркивают экстравагантные глазчатые пятна, располо-



женные попарно по бокам туловища. Раскачиваясь из стороны в сторону, гусеница демонстрирует эти устрашающие глаза, компенсируя тем самым свою беззащитность. В этом случае наглядно видны все преимущества сверхстимулов: четыре глаза оказывают на хищника более устрашающее действие, чем два.



Оставаясь неподвижным на древесном сучке, тропический кузнечик успешно обманывает рыскающих по деревьям птиц, ящериц и обезьян, хотя они и обладают достаточно острым зрением. Крылья кузнечика удивительно точно имитируют зеленый лист. Однако вся эта утонченная подделка сыграет защитную роль лишь в том случае, если насекомое сохранит полную неподвижность.

Крошечная тропическая лягушка, прижавшаяся к древесному листу, мало чем отличается от капельки птичьего помета. И в этом случае защитный характер такого приспособления полностью зависит от поведения, которое предполагает абсолютную неподвижность. Так же как изображенные здесь кузнечик и гусеница, это животное активно по ночам. Поэтому успех выживания особи зависит от того, насколько незаметно лягушка проведет долгие дневные часы, лежа у всех на виду с подогнутыми под брюшко лапками.

Притвориться несъедобным

Многие животные обеспечивают свою безопасность, имитируя несъедобные с точки зрения хищников объекты. Такая имитация затрагивает в равной степени и особенности строения тела и соответствующие формы поведения. Например, гусеница пяденицы своими размерами и окраской поразительно сходна с сухим сучком. Но если она начинает двигаться, обман перестает действовать и насекомое может быть съедено. Более того, чтобы маскировка была действенной, эти животные должны были развить способность находить такой субстрат, на котором их сходство с сучком было бы наиболее оправданным. Таким образом, сама окружающая среда формирует тот или иной тип поведения. Например, одна из амазонских нандовых рыб имитирует своей внешностью сухой лист и может часами оставаться неподвижной среди настоящих сухих листьев, плавающих на поверхности воды. Эти простые примеры убеждают нас в том, что развитие поведения совершалось в процессе эволюции параллельно преобразованиям окраски тела. Полет некоторых тропических американских бабочек, окрашенных в тускло-коричневые и серовато-желтые тона, удивительно напоминает падение листьев. Некоторые саранчовые имитируют свежие травинки, отмершие стебли, скошенную или сжатую траву.



Гусеница пяденицы и очертаниями, и окраской поразительно похожа на сучок, правда только при полной неподвижности. Если вы тронете насекомое пальцем, оно просто отделится от ветки и упадет на землю, как отваливается мертвый сук.

Инстинкт запасания

При изучении эволюции поведения мы расцениваем действия, связанные с запасанием пищи впрок, как особенность вида, повышающую шансы на его благополучное выживание. Способность некоторых насекомых, в частности муравьев-жнецов, припрятывать пищу «на черный день», создала им вполне заслуженную славу. Множество других животных тоже умеют делать запасы. Так, кедровка собирает орехи лещины, складывает их и прикрывает сверху лишайниками. Даже после того как эти тайники оказываются под снегом, птица по памяти находит более 85 процентов своих кладовых. Хищные млекопитающие от мала до велика прячут свои «неприкосновенные пайки» от возможных конкурентов. И маленькие ласки оставляют всевозможную добычу в укромных местах, и огромный гризли ревностно охраняет свои запасы от посягательств посторонних. Пума зарывает жертву в землю, а потом возвращается к ней раз десять, чтобы полакомиться мясом.



Запасая зерно в одной из ста или более камер своего муравейника, муравьи-жнецы руководствуются инстинктом прятать корм и обеспечивать пищу на будущее. Хотя эти хранилища достаточно сухи и прохладны, бывает, что зерно отсыревает и начинает прорастать. Тогда муравьи просушивают зерно на солнце, а то и выбрасывают его или замуровывают в камере.



Растянувшись на толстой ветви, леопард отдыхает после удачной охоты. Газель Томсона надежно спрятана здесь от пожирателей падали — гиен и шакалов. Хищник время от времени будет лакомиться тушей, не обращая внимания на степень свежести мяса, пока не съест ее целиком. Но если леопард заметит, что к его добыче кто-то притрагивался, он больше не прикоснется к ней.

ЛИТЕРАТУРА

Общие вопросы

Bliss E. L., ed., The Roots of Behavior, Harper, 1962.

Broadhurst P. L., The Science of Animal Behavior, Pelican Books, 1963.

Cronwright-Schreiner S. C., The Migratory Springbucks, Fisher Unwin, 1925.

Детьер В., Стеллар Э., Поведение животных, Л., «Наука», 1967.

Фабр Ж.-А., Жизнь насекомых, С.-Пб., 1911.

Goodwin D., Instructions to Young Ornithologists (Vol. II): Bird Behaviour, Museum Press, 1961.

Hebb D., The Organization of Behavior, Wiley, 1949.

Hediger H., Wild Animals in Captivity, Academic Press, 1950.

Heinroth O., Heinroth K., The Birds, University of Michigan Press/Angus, 1958.

Jennings H. S., Behavior of the Lower Ogranisms, Indiana University Press/W. S. Hall, 1962.

Lack D., The Life of the Robin (rev. ed.), Witheroy, 1947.

Лоренц К., Кольцо царя Соломона, М., «Знание», 1970.

Maier N. R. F., Schneirla T. C., Principles of Animal Psychology, McGraw-Hill, 1935.

Morgan C. L., Animal Behaviour, Longmans, 1908.

Scott J. P., Animal Behavior, University of Chicago Press, 1963.

Skinner B. F., The Behavior of Organisms, Bailey, 1938.

Skinner B. F., Science and Human Behavior, Collier-Macmillan, 1953.

Slater L., ed., Bio-Telemetry Symposium, Pergamon, 1963.

Stevens S. S., ed., Handbook of Experimental Psychology, Wiley, 1951.

Stevenson-Hamilton J., Wild Life in South Africa (4 th ed.), Cassell, 1954.

The Living Birds, Annuals of the Cornell Laboratory of Ornithology: No. 1, 1962; No. 2, 1963; No. 3, 1964 (New York).

Thorpe W. H., Zangwill O. L., eds., Current Problems in Animal Behaviour, Cambridge University Press, 1961.

Тинберген Н., Осы, птицы, люди, М., «Мир», 1970.

Tinbergen N., The Study of Instinct, Oxford University Press, 1951.

Warden C. J., Jenkins Th. N., Warner L. H., Comparative Psychology (3 vols.), Wheldon and Wesley, 1935.

Эволюция поведения и поведение человека

Кэйн А., Вид и его эволюция, М., ИЛ, 1958.

Котт Х., Приспособительная окраска животных, М., ИЛ, 1950.

Дарвин Ч., Путешествие натуралиста вокруг света, Соч., т. 1, М.—Л., 1935.

Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора, Соч., т. 3, М., 1939.

Дарвин Ч., Происхождение человека и половой отбор. Соч., т. 5, М., 1953.

Fuller J. L., Thompson W. R., Behavior Genetics, Wiley, 1960.

Grant V., The Origin of Adaptations, Columbia University Press, 1963.

Huxley J. S., Evolution in Action, Harper, 1957.

Huxley J. S., Evolution — the Modern Synthesis (2nd ed.), Harper, 1964.

Майр Э., Зоологический вид и эволюция, М., «Мир», 1968.

Roe A., Simpson G. G., eds., Behavior and Evolution, Yale University Press, 1958.

Russell C., Russell W. M. S., Human Behaviour, W. S. Hall, 1961.

Schiller C. H., ed., Instinctive Behavior: The Development of a Modern Concept, Bailey, 1964.

Symposia of the Zoological Society of London, No. 8, Evolutionary Aspects of Animal Communication: Imprinting and Early Learning, 1962.

Tax S., ed., Evolution after Darwin (Darwin Centennial, 3 vols), University of Chicago Press, 1960.

Тейяр де Шарден, Феномен человека, М., «Прогресс», 1965.

Физиологические основы поведения

Beach F. A., Hormones and Behavior, Harper, 1948.

Brown M., ed., The Physiology of Fishes: Vol. 1 — Metabolism; Vol. 2 — Behaviour, Academic Press, 1957.

Eccles J. C., The Physiology of Nerve Cells, Johns Hopkins Press/O. U. P., 1957.

Harlow H. F., Woolsey C. N., eds., Biological and Biochemical Bases of Behavior, University of Wisconsin Press/W. S. Hall, 1958.

Прингл Дж., Полет насекомых, М., ИЛ, 1963.

Rockstein M., ed., The Physiology of Insecta (3 vols.), Academic Press.

Roeder K. D., Insect Physiology, Wiley, 1953.

Roeder K. D., Nerve Cells and Insect Behavior, Harvard University Press/O. U. P., 1963.

Sherrington Ch. S., The Integrative Action of the Nervous System (2nd ed.), Cambridge University Press, 1947.

Symposia of the Society for Experimental Biology, No. 4, Physiological Mechanisms in Animal Behaviour, Cambridge University Press, 1950.

Wells M. J., Brain and Behaviour in Cephalopods, Stanford University Press/O. U. P., 1962.

Развитие поведения и обучение

Foss B., ed., Determinants of Infant Behaviour, Wiley, 1959.
Hediger H., Studies of the Psychology and Behaviour of Captive Animals in Zoos and Circuses, Criterion Books, New York, 1956.
Rheingold H. L., ed. Maternal Behavior in Mammals, Wiley, 1963.
Thorpe W. H., Bird Song, Cambridge University Press, 1961.
Thorpe W. H., Learning and Instinct in Animals (2nd rev. ed.), Methuen, 1963.

Общение животных

Allee W. C., The Social Life of Animals, W. S. Hall, 1938.
Armstrong E. A., A Study of Bird Song, Oxford University Press, 1963.
Bastin H., Freaks and Marvels of Insect Life, A. A. Wyn Inc., New York, 1954.
Butler C. G., The World of the Honey Bee, Collier-Macmillan, 1954.
Дарвин Ч., Выражение эмоций у человека и животных, Соч., том 5, М., 1953.
Etkin W., ed., Social Behavior and Organization among Vertebrates, University of Chicago Press, 1964.
Evans H. E., Wasp Farm, Doubleday Natural History Press, 1963.
Fabre J. H., Social Life in the Insect World, The Century Company, New York, 1913.
Howard H. E., Territory in Bird Life, W. S. Hall, 1921.
Lanyon W. E., *Tavolga W. N.*, eds., Animal Sounds and Communication, American Institute of Biological Sciences, Publication No. 7, New York, 1960.
Lindauer M., Communication among Social Bees, Harvard University Press/O. U. P., 1961.
Meeuse B. J. D., The Story of Pollination, Wheldon and Wesley, 1961.
Scott J. P., Aggression, University of Chicago Press, 1958.
Tinbergen N., Social Behaviour in Animals, Wiley, 1953.
Welty J. C., The Life of Birds, Knopf, 1963.
Wheeler W. M., The Social Insects; Their Origin and Evolution, Harcourt, Brace, 1928.

Органы чувств и ориентация

Buddenbrock W., von, Senses, University of Michigan Press/Cresset, 1958.
Carthy J. D., Animal Navigation (2nd ed.), Scribner, 1957.
Carthy J. D., An Introduction to the Behaviour of Invertebrates, Allen and Unwin, 1962.
Dethier V. G., The Physiology of Insect Senses, Wiley, 1963.
Dorst J., The Migration of Birds, W. S. Hall, 1962.
Fraenkel G. S., *Gunn D. L.*, The Orientation of Animals, Dover, 1961.
Frisch K., von, Bees: Their Vision, Chemical Senses and Language, Cornell University Press, 1950.
Frisch K., von, The Dancing Bees, Harcourt, Brace, 1961.
Griffin D. R., Listening in the Dark, Yale University Press, 1958.
Kellogg W. N., Porpoises and Sonar, University of Chicago Press, 1963.
Le Grand Y., Light, Color and Vision, Dover, 1957.
Matthews G. V. T., Bird Navigation, Cambridge University Press, 1955.
Matthews L. H., *Knight M.*, The Senses of Animals, London Museum Press, 1963.
Polyak S., The Vertebrate Visual System, ed. by *H. Klüver*, University of Chicago Press, 1958.
Symposia of the Society for Experimental Biology, No. 16, Biological Receptor Mechanisms, Cambridge University Press, 1962.
Тинберген Н., Мир серебристой чайки. М., «Мир», 1974.
Williams C. B., Insect Migration, Collier-Macmillan, 1958.

Дополнительная литература к русскому изданию

Вулдридж Д., Механизмы мозга, М., «Мир», 1965.
Гейз Р., Образование нервных связей, М., «Мир», 1972.
Дельгадо X., Мозг и сознание, М., «Мир», 1971.
Захаров А. А., Внутривидовые отношения у муравьев. М., «Наука», 1972.
Кроукрофт П., Артур, Билл и другие, М., «Мир», 1970.
Лэк Д., Численность животных и ее регуляция в природе, М., ИЛ, 1957.
Миллер Д., *Галантер Ю.*, *Прибрам К.*, Планы и структура поведения, М., «Прогресс», 1965.
Панов Е. Н., Общение в мире животных, М., «Знание», 1970.
Панов Е. Н., Сигнализация и «язык» животных, М., «Знание», 1970.
Панов Е. Н., Этология — ее истоки, становление и место в исследовании поведения, М., «Знание», 1975.
Прибрам К., Языки мозга, М., «Прогресс», 1975.
Фабри К. Э., Основы зоопсихологии, М., Изд-во МГУ, 1976.
Хайнд Р., Поведение животных, М., «Мир», 1975.
Шовен Р., Жизнь и нравы насекомых, М., Сельхозгиз, 1960.
Ярошевский М. Г., Психология в XX столетии. М., Изд-во политической литературы, 1971.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 5

1. Наука в колыбели 7
2. Органы чувств — окна в мир 33
3. Стимулы и их действие 59
4. Механизмы поведения 83
5. Как они выбирают свой путь 105
6. Инстинкт или обучение? 125
7. Жизнь в сообществе 149
8. Эволюция поведения 169

Литература 190

ИБ № 1146

Н. Тинберген

ПОВЕДЕНИЕ
ЖИВОТНЫХ

Редактор Р. Дубровская
Художественный редактор Ю. Максимов
Технический редактор А. Резоухова
Корректоры Л. Панова и И. Соколова

Сдано в набор 2/II 1977 г.
Подписано к печати 23/VIII 1977 г.
Бум. офсетная № 1 84×108[1]/16 =6 бум. л.
Усл. печ. л. 20,16.
Уч.-изд. л. 24,70. Изд. № 12/9269
Цена 3 р. 50 коп. Зак. 114.

Издательство «Мир»
Москва, 1-й Рижский пер., 2

Текст набран на фотонаборных машинах

Ярославский полиграфкомбинат «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

3 р 50 коп.

Н. ТИНБЕРГЕН

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ

ПОВЕДЕНИЕ ЖИВОТНЫХ
Н. ТИНБЕРГЕН

